



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL

CULTURA DE FEIJOEIRO COMO CONTEXTO PARA
VIVÊNCIA DA INTERDISCIPLINARIDADE EM UMA ESCOLA
DE ENSINO MÉDIO

AQUILES VIEIRA CAVALVANTE

RECIFE-PE

2020

AQUILES VIEIRA CAVALCANTE

**CULTURA DE FEIJOEIRO COMO CONTEXTO PARA VIVENCIA DA
INTERDISCIPLINARIDADE EM UMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada à banca examinadora como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Ângela Vasconcelos de Almeida

Co-orientador: Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto

RECIFE-PE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V658c Vieira Cavalcante, Aquiles
CULTURA DE FEIJOEIRO COMO CONTEXTO PARA VIVÊNCIA DA INTERDISCIPLINARIDADE
EM UMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO / Aquiles Vieira Cavalcante. - 2020.
114 f.

Orientadora: Maria Ângela Vasconcelos de Almeida.
Coorientador: José Euzebio Simões Neto.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2020.

1. Interdisciplinaridade. 2. Horta Escolar. 3. Ensino de Ciências. I. Almeida, Maria Ângela
Vasconcelos de, orient. II. Simões Neto, Jose Euzebio, coorient. III. Título

CDD 540

**CULTURA DE FEIJOEIRO COMO CONTEXTO PARA VIVENCIA DA
INTERDISCIPLINARIDADE EM UMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO**

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Ângela Vasconcelos de Almeida (DQ/UFRPE)

Orientadora

Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto (DQ/UFRPE)

Co-orientador

Profa. Dra. Flávia Cristiane Vieira da Silva (UAST/UFRPE)

Primeira Examinadora (Externa)

Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior (DQ/UFRPE)

Segundo Examinador (Interno)

Profa. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga (DQ/UFRPE)

Terceira Examinadora (Interna)

E não sede conformados com este mundo, mas sede transformados pela renovação do vosso entendimento, para que experimenteis qual seja a boa, agradável e perfeita vontade de Deus.

(ROMANOS 12:2)

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação de mestrado primeiramente ao Senhor Jesus que me deu o privilégio de iniciar esse projeto e de alguma forma contribuir com o ensino.

Dedico também a todas as pessoas que de alguma maneira me ajudaram, de maneira direta ou indireta, para a conclusão da mesma. Sem vocês, sem a ajuda de todos vocês, seria impossível concluir esse trabalho.

Por fim, dedico aos meus colegas professores que junto comigo travam essa luta diária contra a falta de condições, falta de reconhecimento, falta de remuneração justa, falta de respeito dos donos de escolas e gestores públicos e falta de quase tudo em busca da formação do cidadão. Somos vencedores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui, mesmo sem ser merecedor.

Agradeço a minha orientadora, Maria Ângela Vasconcelos de Almeida pela confiança depositada em mim, pelos puxões de orelha nas horas certas e pela motivação sem a qual eu não teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço também ao meu co-orientador, José Euzébio Simões Neto, pela paciência, dedicação e disponibilidade em me ajudar inclusive nas horas mais difíceis e inoportunas.

Agradeço a minha família, em especial minha esposa Anne K. F. S. Andrade, por me dar todo o apoio nesse momento tão difícil.

Agradeço aos estudantes que fizeram parte e contribuíram com a pesquisa, confiando no trabalho que estava sendo executado.

Agradeço a minha gestão escolar que, dentro de seu alcance, permitiu-me o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço aos professores Josemeire Caetano e Wagner Rafael pela imensa dedicação na revisão deste texto.

Agradeço aos meus colegas professores, em especial os que dedicaram seus raros e preciosos tempos de descanso para o desenvolver deste projeto.

RESUMO

O presente projeto de pesquisa desenvolveu um trabalho interdisciplinar envolvendo Química, Física, Biologia e Matemática. Nessa perspectiva, utilizamos uma horta presente na escola como ponto de partida para cultura de feijoeiros e a emergência dos conceitos científicos, visando uma abordagem multidisciplinar e, por fim, alcançando a interdisciplinaridade como ferramenta essencial para compreensão do fenômeno de cultura do vegetal. A metodologia escolhida foi a pesquisa-ação participante, uma vez que ela nos permite refletir e atuar sobre problemas reais vivenciados na escola, especialmente a fragmentação do saber, levando os professores e seus alunos a buscar solução no coletivo. Como suporte conceitual, utilizamos os conhecimentos dos professores das disciplinas envolvidas, atuando como especialistas, artigos científicos e a prática experimental com resultados muitas vezes imprevisíveis no cultivo do feijão, em virtude da gama de variáveis envolvidas na referida cultura. Foi possível identificar os conteúdos disciplinares que puderam ser trabalhados conjuntamente no contexto da cultura do feijão, favorecendo a superação da fragmentação do saber no espaço escolar. Assim, a partir da convergência dos saberes das disciplinas da área de ciências da natureza e matemática, a equipe de professores e alunos conseguiu solucionar o problema complexo e de natureza interdisciplinar que representa o cultivo de feijão no contexto escolar, desenvolvendo o pensamento holístico nos mesmos. Ao fim deste projeto ainda foi produzido um manual prático direcionado a orientação de docentes na implementação desta prática em seus próprios contextos escolares.

Palavras-Chave: Interdisciplinaridade, Horta Escolar, Ensino de Ciências.

ABSTRACT

The present research project developed an interdisciplinary work involving Chemistry, Physics, Biology and Mathematics. For this, a school vegetable garden was used as a starting point for growing beans and the emergence of scientific concepts, aiming at a multidisciplinary approach and, finally, reaching interdisciplinarity as an essential tool for understanding the phenomenon of vegetable culture. The chosen methodology was participatory action research, since it allows us to reflect and act on real problems experienced at school, especially a fragmentation of knowledge, leading teachers and their students to seek solutions in the collective. As a conceptual support, we used the knowledges of teachers about yours disciplines, acting as specialists, scientific articles and experimental practice with results that are often unpredictable, due to the great range of variables used in culture. It was possible to identify the disciplinary contents that can be worked together in the context of the bean culture, favoring the overcoming of the fragmentation of knowledge in the school space. Thus, from the convergence of knowledge of the disciplines in the area of natural sciences and the mathematics the team of teachers and students was able to solve the complex and interdisciplinary problem that represents the bean's culture in the school context, developing holistic thinking in them. At the end of this project, a practical manual was also produced aimed at guiding documents in the implementation of this practice in their own school contexts.

Palavras-Chave: Interdisciplinarity, Scholar Vegetable Garden, Science Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distinção entre a visão Newtoniana-Cartesiana e Holística	17
Figura 2 – Expressões numéricas como retrato da influência do método newtoniano-cartesiano na educação	19
Figura 3 – Vasos autoirrigáveis	30
Figura 4 – O elevar do grau de coordenação.....	40
Figura 5 – O ciclo da pesquisa-ação.....	53
Figura 6 – Mapa Conceitual Inicial.....	57
Figura 7 – Mapa conceitual crescendo conforme a horta era desenvolvida.....	69
Figura 8 – Caramujo Gigante Africano.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – PIB nominal em bilhões de dólares americanos... ..	49
Quadro 2 – Disciplinas correlatas ao projeto na visão dos discentes.....	92
Quadro 3 – Relação de disciplinas enxergadas pelos professores.....	104
Quadro 4 - Relação disciplina-conteúdo na visão dos professores.....	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produtividade de todos os vasos em função do pH.....	81
Gráfico 2 – Produtividade dos vasos, após tratamento matemático, em função do pH... ..	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
2.1 A interdisciplinaridade.....	33
2.2 Conceitos Científicos.....	44
2.2.1 QUÍMICA.....	44
2.2.2 BIOLOGIA.....	46
2.2.3 MATEMÁTICA.....	47
2.2.4 FÍSICA.....	50
3 METODOLOGIA.....	52
3.1 Tipologia da Pesquisa.....	52
3.2 O perfil dos Estudantes.....	53
3.3 O Perfil dos Professores.....	54
3.4 Mapas Conceituais.....	54
3.5 O Plantio.....	57
3.6 Instrumentos de Recolha de Dados.....	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4.1 O Cultivo do Feijoeiro.....	65
4.2 Análise das Reuniões de Planejamento.....	83
4.3 Entrevista dos Estudantes.....	85
4.4 Entrevista dos Professores.....	94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
6 REFERÊNCIAS.....	110

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, discutimos o problema da fragmentação do conhecimento que, se em parte colabora para que mais conteúdos possam ser ministrados no cotidiano escolar, por outro lado impele professores, e por consequência estudantes, a perderem seu sentimento de pertencimento, como parte de um todo, pelo fato de estarem cada vez mais voltados para os objetos de análise de suas disciplinas. Tratamos, em seguida, sobre a origem do pensamento fragmentado e como ele se instalou tanto em universidades como em escolas na forma de fundamento educacional. Apresentamos a atividade proposta neste trabalho como uma alternativa para (re)construir a visão interdisciplinar tão confundida e/ou esquecida em nosso contexto escolar. Pontuamos de forma objetiva quais disciplinas e alguns dos respectivos conteúdos que estiveram envolvidos nesta atividade. Apresentamos os objetivos que conduziram este trabalho de pesquisa e relacionamos de forma sintética o que escrevemos em cada trecho desta dissertação.

Em minha prática docente, iniciada em 2006, fui aos poucos observando a dificuldade que alunos e professores apresentavam ao utilizar ferramentas de outras disciplinas na química. O que para mim parecia cristalino, para alguns colegas aparentava ser algo desconexo, impossível aplicar de maneira integrada os diversos saberes científicos, aprendidos no contexto escolar, ao dia a dia. Então, parecia algo impossível até de ser pensado. Na elaboração de meu projeto de monografia de graduação, iniciei uma reflexão sobre qual seria a real profundidade e amplitude deste problema, que eu começara a enxergar em minha então embrionária experiência docente; conversando com o então professor José Euzébio sobre minha angústia acerca do tema, ouvi de sua parte uma proposta de pesquisa para avaliar esta questão: voltar meu olhar justamente para um caminho que permitisse a possibilidade do rompimento da fragmentação do conhecimento. A intenção era abrir os olhos de alunos e professores daquele contexto escolar (uma escola privada de Ensino Básico, localizada no bairro de Candeias, do município de Jaboatão dos Guararapes-PE) sobre a não compartimentalização da natureza. Naquela época a intenção era de conectar os saberes disciplinares já rotineiramente desenvolvidos na escola, de forma a construir um pensamento articulado entre os diferentes saberes, utilizando-se de propostas didáticas que colaborassem para o rompimento das fronteiras do conhecimento disciplinar, tão enraizado na cultura escolar de estudantes e

professores; tornando-os assim mais aptos a compreender a realidade, que é complexa, além do pensamento escolar unidimensional, como:

a) Compreender como os medicamentos atuam no organismo e especialmente perceber que não é uma relação linear de causa-efeito, como propõe o paradigma tradicional da ciência, pois cada medicamento é a causa que provoca muitos efeitos inclusive indesejáveis, como se pode comprovar lendo a bula em suas diversas apresentações farmacológicas (comprimido, injeção, solução/suspensão, creme e etc) no combate de algum patógeno capaz de comprometer o correto funcionamento do corpo humano.

b) Maximizar o ganho de massa muscular, por meio da adequação nutricional, prática de exercícios físicos adequados e o necessário alongamento e relaxamento muscular para seu desenvolvimento ótimo.

Para esse trabalho, vamos considerar a visão de Thomas Kuhn sobre paradigmas. Apesar da utilização semântica majoritária da palavra estar associada a algo repetitivo, seu significado nas ciências sociais é outro. Para Kuhn, o paradigma é sustentado por um coletivo de agentes. Não se toma como paradigma algo que seja pessoal, isto é, particular a quem quer que seja. Ao contrário, o conceito de paradigma precisa necessariamente de validação para ser.

Assim, no contexto científico é necessário que uma comunidade, atuando de forma coesa, estruture um conjunto de parâmetros que fundamente um paradigma. Regras tão fundamentais que não permitam que os agentes, de forma isolada ou conjunta, possam atuar de forma marginal. Silva Neto (2011) traça um paralelo entre o jogo de futebol e o paradigma. Quando dois times competem em uma partida de futebol, não se tolera que alguém atue fora das regras, mais do que isto, premia-se quem atua dentro delas. Algo semelhante ocorre na ciência. Propostas de explicações científicas costumam ser bem aceitas pela comunidade quando reforçam a linguagem própria do grupo, os pensamentos esquemáticos, as formulações contemporâneas das leis. Isto é o que tomamos por paradigma tradicional.

Apesar deste ímpeto pela constância científica, a natureza invariavelmente nos põe de frente com problemas que o formalismo paradigmático em vigor não é capaz de estratificar. É esta crise paradigmática que sinaliza a necessidade de evolução dos pressupostos que sustentam esta comunidade. É esta crise que alimenta a

estruturação de um novo paradigma, ao que chamamos de paradigma emergente. Não se trata aqui de negar a tudo o que antes era defendido, pelo contrário, o novo se constrói com base justamente nos problemas em que o tradicional não fora capaz de resolver. Isto é o que Kuhn chamou de “revoluções científicas” e que só pode ser percebida pelo distanciamento histórico (KUHN, 1998).

Elaboramos, juntamente com professores e estudantes, práticas centradas na construção de mapas conceituais, como forma de demonstrar que as ciências não eram isoladas e independentes, ao contrário, eram pedaços de um coletivo, ao qual só era dissociado por nossa incapacidade de enxergar e compreender de forma imediata a complexidade do que estava ao nosso redor. A natureza não distingue o que é química, física, matemática, geologia, ela apenas é. Embora a atividade de pesquisa que culminou com minha monografia tenha nos permitido enxergar a fragmentação dos saberes e de alguma forma tentar reconectá-los, por meio do trabalho não fomos capazes de vivenciar uma atividade pedagógica, construída “do zero”, a partir de um olhar interdisciplinar. Lá, o que fizemos foram práticas pedagógicas nas quais cada professor apresentou seu conteúdo, a partir de uma temática proposta, mas não conseguindo dialogar entre si, de modo a permitir a interdisciplinaridade necessária para compreensão da realidade complexa do universo.

Por isso, nesta dissertação de mestrado, buscamos propor uma atividade investigativa acerca do desenvolvimento de feijoeiros, como caminho para a construção do saber holístico, que nos permita compreender a complementaridade dos diversos olhares científicos, que as disciplinas nos permitem, e assim expandir nossa compreensão de um fenômeno real que necessariamente é interdisciplinar.

Como saber holístico, queremos descrever a visão do todo. O termo holístico vem do grego *hólos*, que significa inteiro, completo. Desde o século IV que esta visão era abordada na filosofia. Estendeu-se através dos séculos, por meio da filosofia natural e teologia. No século passado, ele começou a ser sistematizado enquanto conceito científico por Jan Smuts. O então holismo organicista desenvolveu a ideia de “que uma união das partes é tão compacta e intensa que é mais do que o total das partes, de forma que o todo e as partes, conseqüentemente, se influenciam e se determinam reciprocamente”.(MACIEL; SILVA, 2008, p. 42).

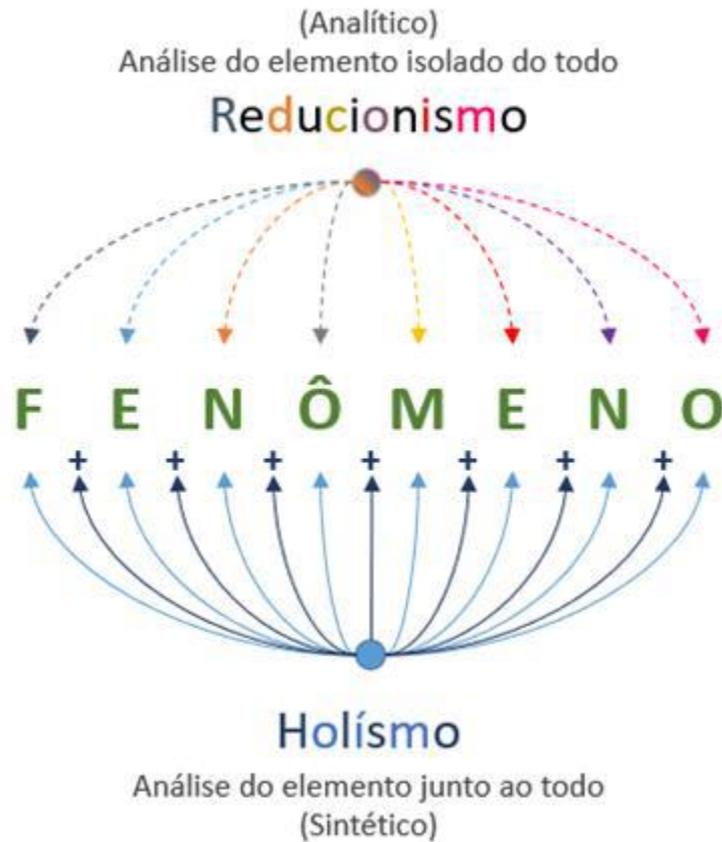
Em 1980, os biólogos Humberto Maturana e Francisco Varela revolucionaram a ciência ao propor que os seres vivos não atuam em um sistema por meio de um mecanismo objetivo de causa e efeito. Muito além disso, o que eles fazem é construir novas conexões internas que permitam adaptar-se as mudanças que o ambiente as impõe e a ele reagir.(MACIEL; SILVA, 2008). Neste sentido temos que:

A autopoiese afirma que o sistema nervoso não processa informações vindas do ambiente, nem constrói representações deste ambiente em sua memória; em vez disto, ele cria referências do ambiente e lhes atribui padrões de comportamento como uma forma de expressar de sua própria lógica interna de organização. Assim, o sistema irá procurar interagir com o ambiente externo sempre de acordo com uma lógica que prioriza a afirmação de sua identidade - ainda que para isto deva estar atualizando-a permanentemente. (MACIEL; SILVA, 2008, p. 73)

Posto isto, podemos vislumbrar a importância de aprender holisticamente, reconhecendo as partes, mas sem as observá-las separadamente, para que não percamos as conexões criadas pela interação delas. Sobretudo porque as perturbações externas (isto é, os estímulos pedagógicos) dirigem, em parte, as conexões internas que possibilitam o compreender integral dos fenômenos que se estuda (MOREIRA, 2004) (MACIEL; SILVA, 2008).

Na figura 1, podemos de forma didática compreender a diferença da visão newtoniana-cartesiana para a holística, ao contemplarem o mesmo objeto de estudo. Enquanto a primeira reparte o todo (a palavra fenômeno) e a analisa de forma isolada (as letras) sem preocupar-se com o que emerge de suas interações, o holismo considera não só as partes, mas também o que surge desta interação. Não raramente, tomando o exemplo da língua, o som de uma letra é modificado, criado ou suprimido em razão de sua conexão com as vizinhas. Isto denuncia a importância de, embora enxergar as partes, sempre considerar o conjunto para completa compreensão do que se estuda (CORRÊA, 2019) (MORIN, 2005).

Figura 1 - Distinção entre a visão Newtoniana-Cartesiana e Holística



Fonte: (CORRÊA, 2019)

Já no primeiro ano do Ensino Fundamental brasileiro, os estudantes se deparam com a fragmentação do ensino em disciplinas distintas. É essa realidade que vai acompanhá-los por toda vida escolar e talvez, a depender da área e instituição de ensino superior que frequente, por sua trajetória profissional. Mesmo na atual formatação do Ensino Fundamental, da 1ª a 5ª série, com professores polivalentes, responsáveis por todos os conteúdos a serem trabalhados, ao longo do ano letivo, a repartição dos saberes em áreas é regra; divisões de horários, ao longo da semana, dedicados a português, matemática, estudos sociais e ciências de modo isolado são responsáveis pela construção subconsciente, que costuma nos acompanhar por toda vida escolar: a de que estes saberes não podem dialogar entre si, e se o podem, serão de forma superficial (CAVALCANTE; NETO; SILVA, 2012). Esse tipo de organização é significativamente diferente da arquitetura do universo. Para observar, compreender ou mesmo intervir nos sistemas que nos rodeiam é preciso fazer uso de um conjunto de ferramentas que, por muitas vezes, não está ancorado sob o escopo de um tema, em parte destes casos nem mesmo sob os fundamentos da mesma disciplina. É difícil

para o professor e, conseqüentemente, para os alunos, inferir que o universo ao nosso redor não é fragmentado. Por isso não permite ser compreendido com um olhar compartimentado, ao qual a educação tem nos dirigido ao longo dos últimos séculos, ao contrário, é necessário compreender que o universo é um *continuum*, daí a importância de criar oportunidades de vivenciar na escola uma visão holística da realidade.

Muitas atividades propostas pelos docentes nas escolas não são relevantes para os estudantes. Por exemplo, atividades como a distribuição eletrônica de um átomo guarda, na visão dos discentes, pouca ou nenhuma relação com problemas concretos enfrentados por eles, quer seja no exercício cidadão ou mesmo na solução de problemas intrínsecos à disciplina de química em um contexto prático. Ou seja, grande parte do conhecimento na escola ainda se dá pelo denominado ensino por transmissão, que é descontextualizado e, portanto, não faz sentido para a maioria dos educandos. Esta situação acaba por fortalecer a ideia de que os problemas apresentados em atividades escolares estão apartados da situação prática, transparecendo ser apenas um atendimento dos desejos e caprichos particulares de seus professores (NEHRING et al., 2002).

Para que possamos compreender de forma satisfatória este fenômeno e assim construirmos alternativas factíveis para superá-lo, é necessário conhecer consideravelmente bem seus fundamentos, contexto e origem histórica. Behrens (2011) afirma que a educação foi capturada pela visão positivista, que compreende o universo como tendo natureza objetiva, concreta, imutável e plenamente quantificável para fins de estudo. Embora Augusto Comte (1798-1895) seja apontado como estruturador da corrente positivista nas ciências sociais, seus fundamentos são encontrados difundidos ao longo da história. Antoine Nicolas de Condorcet (1666-1790), muito antes de Comte, já levantava a bandeira de que toda ciência humana deve se submeter a uma visão da *matemática social*; “defendendo um estudo preciso, rigoroso, numérico dos fenômenos sociais.” (ISKANDAR; LEAL, 2002, p. 2). A ideia era remover das ciências sociais a influência das classes sociais dominantes, atribuindo a estas ciências um caráter purista, tal como se entendia as ciências da natureza, independente de quem a construísse (ISKANDAR; LEAL, 2002). Ainda antes de Condorcet, René Descartes (1596-1650) na obra “Discurso do método”, o autor propõe que:

“Jamais acolher alguma coisa como verdade sem evidência concreta; dividir cada um dos conceitos em tantas parcelas quanto possível para resolvê-las; partir da ordem dos conceitos mais simples para os mais complexos para conduzir degrau a degrau o conhecimento e buscar em toda parte enumerações tão completas e revisões tão gerais, que provocasse a certeza de nada omitir”. (DESCARTES, 2005. p 29)

Um exemplo inequívoco da aplicação destas ideias no contexto escolar pode ser inferido no desenvolvimento do conteúdo da disciplina de matemática, denominado “expressões numéricas”. É improvável que algum cidadão brasileiro, formado em um modelo de ensino regular para educação básica, tenha terminado sua vida escolar sem que tenha exercitado de forma exaustiva este conceito. Neste conteúdo, os alunos são estimulados a resolver uma expressão numérica grande e trabalhosa, a partir do recorte dessa em inúmeros pedaços, organizando-os em ordem de prioridade e os solucionando de forma gradual, até que se tenha a significação matemática final do conjunto das operações (SOUSA; FUNATO, 2018). Um exemplo clássico disto pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Expressões numéricas como retrato da influência do método *newtoniano-cartesiano* na educação

b) $-54 : \{ (-2 + \sqrt{81})^2 : 7 - [(-2^3 + \sqrt{4}) : 3] \}$
 $-54 : \{ (-2 + 9)^2 : 7 - [(-8 + 2) : 3] \}$
 $-54 : \{ (+7)^2 : 7 - [(-6) : 3] \}$
 $-54 : \{ 49 : 7 - [-2] \}$
 $-54 : \{ 49 : 7 + 2 \}$
 $-54 : \{$

FONTE: <https://conhecimentocientifico.r7.com/expresoes-numericas/>

A longa e aparentemente complicada operação deve ser resolvida de forma compartimentalizada, escolhendo sempre em primeiro lugar os fatores que apresentam potências e raízes para serem solucionadas, seguidas de multiplicação e divisão e, por fim, as adições e subtrações. Se observamos na figura 2, perceberemos

assim que esta separação em grupos de operações acabará por nos levar a um processo de fatiamento do todo, tornando mais simples a solução da expressão. Desta forma, Descartes auxilia no desenvolvimento da ciência em direção ao paradigma que até os dias de hoje impera no meio científico, o positivismo de Comte. Neste paradigma, o pesquisador assiste ao fenômeno, a tudo analisa com a convicção de que o que se observa tem realidade objetiva, independente de crenças, alheia a realidade do pesquisador, ou seja, parte da premissa que o observador é neutro; que os instrumentos se aplicam tão somente para ampliar nossa capacidade de observar, compreender e facilitar a descrição de algo que continuaria sendo exatamente o que parece ser aos olhos do sujeito (ISKANDAR; LEAL, 2002) (MORAES, 1996) (SOMMERMAN, 2008).

Por outro lado, o paradigma emergente considera que a essência do objeto não pode ser plenamente apreendida, pois o fenômeno em si interage com a subjetividade do próprio pesquisador, a de quem investiga e a do próprio ente investigado, o pesquisador ao interagir com o objeto a ser pesquisado desenvolve uma relação de interação entre o sujeito e o objeto a ser examinado (MOREIRA, 2011). Da mesma forma deste exemplo de matemática, podemos nomear outros exemplos nas demais disciplinas escolares. Certamente, esse é o resultado da fragmentação do conhecimento, favorecendo o crescimento exponencial de disciplinas, cada vez mais fragmentando o saber. Por exemplo, a medicina estuda o corpo humano de forma repartida em sistemas urinário, circulatório, respiratório, nervoso, etc. Assim, se temos um problema relacionado ao sistema respiratório, o médico que vamos consultar deve ser um especialista na área. A fragmentação do saber foi sendo construída gradualmente, estando explícita nos trabalhos de Descartes, influenciando Isaac Newton (1643—1727), formando uma amálgama que hoje simbolizam o alicerce das ciências duras ao que chamamos de paradigma newtoniano-cartesiano (BEHRENS, 2011).

No paradigma emergente, a realidade é percebida como uma construção humana, envolvendo o fenômeno e o observador. Quando um pesquisador se propõe a investigar algo, as respostas e as descobertas por ele obtida são produtos direto de suas escolhas, seus questionamentos, sua metodologia de pesquisa. Embora exista uma realidade que é independente do observador, o fenômeno em si pode ser compreendido de diferentes maneiras, por mais de um observador. É frequente a

existência de mais de uma teoria para explicar o mesmo fenômeno. Isto ocorre porque a subjetividade do pesquisador interfere tanto na construção e execução da experiência como na interpretação de seus resultados. No século XVIII, por exemplo, Lavoisier derrubou a teoria do flogístico e substituiu pela teoria do oxigênio, para explicar a combustão, respiração e outros fenômenos. Mudando-se o investigador, é improvável que tenhamos exatamente os mesmos resultados, uma vez que a lógica do pensar e o elaborar dos experimentos são função direta da subjetividade do pesquisador (BRAGA; GUERRA; REIS, 2008) (VANIN, 2005) (CHASSOT, 2004a).

Com a introdução deste modelo de pesquisa lógico-dedutiva, que inspirou o pensamento positivista, estabeleceu-se a normatização do fazer científico e, com isso, a ciência avançou de uma forma que jamais havia sido observada antes. Os avanços foram sem precedentes e ainda que hoje possamos criticar este modelo newtoniano-cartesiano de pensar, precisamos reconhecer seus avanços e sua importância histórica. Neste sentido, temos que:

Na educação, inúmeras foram as influências do velho paradigma. Dentre elas, o prevalecimento de um sistema paternalista, hierárquico, autoritário, dogmático e a presença de uma escola que exige memorização, repetição, cópia, que dá ênfase ao conteúdo, ao resultado, ao produto, recompensando o conformismo, a "boa conduta", punindo os "erros" e as tentativas de liberdade e expressão. É uma escola que continua dividindo o conhecimento em assuntos, especialidades, subespecialidades, centrada no professor e na transmissão do conteúdo que, em nome da transmissão do conhecimento, continua vendo o indivíduo como uma tabula rasa, produzindo seres subservientes, obedientes, castrados em sua capacidade criativa, destituídos de outras formas de expressão e solidariedade. É uma educação "domesticadora", "bancária", segundo Paulo Freire, que "deposita" no aluno informações, dados e fatos, onde o professor é quem detém o saber, a autoridade, que dirige o processo e um modelo a ser seguido. (MORAES, 1996, p. 7).

As universidades, aproveitando-se desta otimização de resultados sem precedentes no fazer científico, remodelam ainda no século XIX por completo suas estruturas de ensino, organizando-se em centros, departamentos, cursos, séries, períodos, disciplinas estanques. No entanto, com esta especialização, os professores acabaram por se isolar em suas zonas de conforto; seus olímpicos científicos do conhecimento específico, especializados de tal maneira que se tornaram referências em algo muito particular e restrito, ao passo que se apresentavam como completos ignorantes sobre todas as demais áreas do saber. A universidade tornou-se uma verdadeira Torre de Babel, onde cada professor falava um idioma único e específico,

centrado em sua especialidade, tornando-se incomunicável com seus pares e por consequência rarefazendo a cooperação. (BEHRENS, 2011).

Tendo em vista a crise deste modelo de ensino, cujo debate se iniciou ao redor da década 1970, sendo ampliado a partir do surgimento de centros interdisciplinares e transdisciplinares nas décadas de 1980 e 1990, precisamos avançar e com isto não queremos sugerir esquecer ou rotular como um erro o paradigma newtoniano-cartesiano, mas reconhecer que seus parâmetros precisam ser expandidos, para que a inteireza do exercício cidadão possa ser alcançado por toda a sociedade inserida no contexto educacional (SOMMERMAN, 2008). Neste sentido, CARDOSO (1995, p. 45-46) nos diz que:

O termo superação está sendo utilizado aqui no sentido dialético estabelecido por Hegel; para quem superar não é fazer desaparecer, mais progredir qualitativamente, conservando o que há de verdadeiro no momento anterior e levando-o a um completamento segundo as novas exigências históricas. Neste sentido, o pensamento holístico não nega o princípio do racionalismo analítico, e sim sua pretensão de esgotar o significado da realidade.

Para além disto, embora os paradigmas apresentem separação histórica, a construção de um novo paradigma surge nas entranhas de seu antecessor, abarcando em si seus pressupostos que prosseguem eficientemente e revisitando os que já foram superados, e já não se mostram suficientes para o que se pretende; restando, perpetuamente, indícios tanto de seus métodos como de seus pressupostos. O paradigma emergente não pretende negar o paradigma tradicional, pois considera que para conhecer a realidade é preciso conhecer as partes e o todo, porque o todo é maior do que a soma das partes e vice-versa.

Não obstante, é preciso estar preparado para uma grande resistência a mudanças, por parte da metodologia científica estabelecida, relutante em visitar sua visão unidimensional do universo, uma vez que a partir desta se alcançou inúmeros grandes feitos. Mais do que isto, o novo paradigma invariavelmente apresenta-se mais utópico do que concreto, uma vez que seus pressupostos, no momento em que são apresentados, ainda estão em fase embrionária. Via de regra, não conseguem apresentar elementos concretos e/ou em grandes números, de forma a facilitar o romper da difícil barreira constituída inconscientemente pelos pesquisadores, professores e estudantes, que por anos ou décadas, firmaram-se no paradigma newtoniano-cartesiano. Temos assim uma árdua e longa tarefa no sentido de produzir

elementos e aperfeiçoar a técnica até que possamos reunir mais feitos do que utopias (CARDOSO, 1995).

Outro fator que coopera com esta aparente dicotomia entre a ciência ensinada no contexto escolar e o mundo real é sem dúvida sua modelização. No afã de didatizar conceitos abstratos de significativa complexidade, sobretudo para estudantes em processo de letramento científico, diversos modelos são elaborados e lançados ao contexto escolar. Muitas vezes, sem o devido cuidado para que não se perca o elo com o objetivo maior, que é desenvolver a capacidade do cidadão de visualizar o mesmo princípio científico em diversos contextos, e, ainda assim, conseguir compreender e intervir de forma adequada em cada um deles. Uma forma organizada de utilização destes modelos tem potencial de sobra para conduzir nossos estudantes a vivenciarem de forma particular os *insights* científicos, que grandes pesquisadores experimentam em seus momentos de reflexão acerca de paradigmas vigentes e sua necessidade de avanço (PIETROCOLA, 1999). O gato de Schrödinger, que faz referência ao conceito probabilístico introduzido na física para interpretação do comportamento do elétron, é um destes singulares modelos que podem auxiliar a compreensão de como a evolução paradigmática na ciência se impõe em face as descobertas que se processam, com o passar das investigações científicas. Modelos como este ajudam de forma singular na compreensão de um fenômeno que não se permite entender, por meio do paradigma clássico, que rege o mundo macroscópico, ao qual enxergamos como natural (CUNHA, 2004).

Nehring et al (2002) postulam que uma forma de continuar a caminhar no processo de desfragmentação do ensino consiste em produzir modelos científicos que também sejam interdisciplinares, de forma que a realidade seja modelada e tratada por meio de uma visão multidisciplinar, que dialogam e se complementam para produzir uma imagem tão próxima do objeto real quanto possível seja, tornando assim mais efetiva a compreensão do fenômeno por parte dos estudantes.

Fourez (2003) aponta que na Bélgica o ensino de ciências é dividido em duas classes paradigmáticas distintas: há os puristas que dividem ciências em química, física, biologia e fragmentam os saberes, com objetivo claramente voltado para formação de pesquisadores e os generalistas que dirigem sua metodologia de trabalho para formação cidadã, discutindo temáticas como ambiente, poluição, história

do universo. Este último modelo claramente tem sido mais escolhido por estudantes naquele país em detrimento daquele. Entretanto, temos caminhado, inclusive no Brasil, para uma formação de redes de pesquisa com profissionais das mais diversas especialidades, que necessariamente dialogam, por meio de seus saberes, com a perspectiva de construção de uma ciência interdisciplinar e, portanto, mais preparada para atender aos anseios da sociedade. Como capacitar então estudantes para exercer a especificidade científica sem abrir mão da complexidade dos fenômenos e a necessidade do olhar interdisciplinar? Uma saída apontada por Fourez (2003) é de que atividades práticas interdisciplinares sejam vivenciadas periodicamente, para que estudantes possam desenvolver este potencial. Ele ainda afirma que a tese de que o pensamento interdisciplinar não pode ser ensinado, que deve ser aprendido de forma solitária e não estimulada, é uma visão elitista da educação, que fatalmente privilegia jovens oriundos de famílias que pensam justamente de forma oposta. Núcleos familiares que acreditam que experiências práticas são capazes de construir no jovem a capacidade de solucionar problemas, que necessitem utilizar as diversas ciências como ferramentas para tal e acabam por produzir estudantes mais preparados para transitar entre as ilhas de racionalidade.

Foi pensando nisto que iniciamos a construção de uma atividade de longa duração, com o potencial de estender-se ao longo de toda formação de Ensino Médio de alguns estudantes, que fosse capaz de colocar as disciplinas no divã educacional para torná-las verdadeiras agentes catalisadoras na construção do pensamento complexo (ALMEIDA et al., 2017). E aqui, com a expressão “colocar as disciplinas no divã”, queremos nos referir ao conceito psicanalítico em que momentos de reflexão são propostos para que permita que seus agentes repensem a origem de suas práticas, suas insuficiências e assim busquem melhorá-las (OLIVEIRA, 2009). Esta dissertação de mestrado se propõe assim a avaliar parte deste projeto maior que continua em permanente desenvolvimento no chão da escola.

Estando inseridos em uma Escola de Referência em Ensino Médio do estado de Pernambuco, em regime de educação semi-integral (com atividades pedagógica ocorrendo em 5 manhãs e 2 tardes e um total de 35 aulas semanais), encontramos como ponto de partida para construção de uma atividade pedagógica um jardim já existente na escola, devido à afinidade de seu gestor escolar com o tema. Além disso havia algumas hortaliças e frutíferas plantadas em pneus reciclados, que foram

pintados de branco para maximizar a reflexão solar e assim reduzir a temperatura na terra, facilitando o desenvolvimento vegetal. Também existia na escola uma série de vasos dedicado ao cultivo de bonsai¹. Há ainda uma infinidade de plantas, com finalidade estética em diversos vasos em concreto de até 150L de volume, árvores de grande porte (algumas com até 30m de altura), com finalidade de melhorar o conforto térmico do pátio escolar ao amenizar o calor provocado pelo intenso verão nordestino. Ainda há jardineiras no entorno destas árvores construídas com a intenção de propor espaços de convívio para os estudantes sem, no entanto, secundarizar a estética e arborização local.

Tendo ingressado nesta escola em março de 2017 e entrado no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) poucos meses depois, iniciamos a observação do ambiente escolar de forma mais acurada, para que fosse possível a utilização das impressões dos pesquisadores no planejamento e execução desta pesquisa. Embora não fosse um objetivo desta pesquisa, foi possível observar, ao longo desse tempo, que a escola tem suas atuações pedagógica sempre ancoradas em uma mentalidade disciplinar, isolacionista. Poucos são os projetos, que extrapolam a sala de aula, desenvolvidos pelos professores; dos poucos que são produzidos, sua larga maioria colocam os alunos na função de cumpridores de tarefas manuais ou rigidamente descrita pelo professor que desenvolve o projeto. Assim, os estudantes acabam por ter sua criatividade, inventividade, expressões artísticas, questionamentos científicos e sociais, acerca do objeto em foco, totalmente tolhidos, tornando-os *experts* em cumprir ordens expressas e completos leigos no pensar de soluções para problemas pessoais e da comunidade em que estão inseridos. Estas observações foram possíveis por meio do acompanhamento das aulas de professores, a partir de relatos (feitos em nossa reunião semanal de planejamento de ações) deles próprios sobre suas metodologias e também na escuta qualitativa dos estudantes em seu dia a dia acadêmico. Sempre que atividades eram propostas de forma não direcionada, os estudantes demonstravam-se inseguros em saber o que e como realizar suas atividades propostas. Com o desenvolver do projeto, o estímulo a pensar em soluções para problemas oriundos do próprio cultivo do feijoeiro, eles

¹ **Bonsai** consiste em uma arte milenar japonesa que apresenta como objetivo o desenvolvimento de plantas em tamanho reduzido; isto é possível com o controle do crescimento radicular da referida planta.

mesmos foram paulatinamente tornando-se mais reflexivos e responsivos, acerca dos desafios propostos. Cabe salientar que muitos dos questionamentos levantados pelos professores do projeto eram também para si, uma vez que o cultivo do feijoeiro é um fenômeno complexo e, portanto, não se permite encerrar no compartimento de um campo científico. Em muitas ocasiões, as respostas dos discentes não condiziam com a realidade em estudo, mas não foi isto que consideramos. O mais relevante era a construção de hipóteses que pudessem responder as demandas apontadas pelos docentes. O fato delas estarem relacionadas com os conteúdos aprendidos durante o projeto solidificava a percepção de que o espírito propositivo começara a aflorar neles.

Anualmente, uma feira de ciências é produzida na escola, com a intenção de integrar os saberes das disciplinas de educação física, química, matemática, biologia e física. A atividade consiste sempre na escolha de um tema norteador para o evento, levantamento de tópicos disciplinares executados por professores, de modo que as turmas são direcionadas a desenvolver levantamentos bibliográficos e apresentar os resultados encontrados do tópico que lhes foi conferido, na culminância do evento. A título de curiosidade, os três últimos temas norteadores foram: ângulos, água e gravidez na adolescência. Nesta atividade, não tivemos professores ou alunos fazendo correlação dos trabalhos desenvolvidos pelos estudantes, exceto pela relação do tópico de cada turma com o tema norteador da feira. Ainda que os estudantes pudessem contemplar o trabalho dos colegas de outras turmas, a atividade não foi estruturada para que eles pudessem perceber a interligação entre os variados tópicos abordados no evento. Apesar disso, esta feira sempre foi considerada pelos professores das disciplinas envolvidas como um projeto interdisciplinar.

Um outro projeto também vem sendo desenvolvido ao longo destes anos em que estamos na escola; consiste na elaboração de aulas, para as turmas de terceiro ano, focadas em um tema central, a partir da resolução de exercícios disciplinares e executadas por 2 ou mais professores de disciplinas distintas (sempre Química, física, matemática e biologia). Todo o levantamento de questões por parte dos professores é feito de forma solitária, de forma que os demais professores que participarão da atividade nunca estão previamente cientes de seus conteúdos, tampouco podem antecipadamente refletir sobre como seu conteúdo disciplinar pode ajudar a enriquecer a resolução do exercício ou mesmo o pensar dos estudantes. Nesta atividade, é comum que o professor de outra disciplina faça intervenções, abordando

o tema transversal da questão sob a ótica de sua própria visão disciplinar, com cada disciplina, discutindo de forma enclausurada seus conceitos, pressupostos, ferramentas e assim por diante. Esta também era uma atividade constantemente adjetivada pelos professores e gestão como interdisciplinar. A mentalidade escolar era de que bastaria a mera junção de professores de diversas áreas do saber, reunidos em uma atividade escolar, para que a interdisciplinaridade fosse magicamente construída. Por isso, estávamos longe do perpétuo diálogo, nascido desde o planejamento da atividade, que nos permitiria alcançar uma atividade interdisciplinar e assim nos permitir a longo prazo a edificação do pensamento holístico, capaz de abarcar a complexidade dos fenômenos que nos cercam.

Para que esta pesquisa pudesse ser desenvolvida, foram necessárias muitas reuniões de planejamento, leitura de artigos sobre atividades interdisciplinares, reflexões internas sobre a visão disciplinar de cada professor e longos compartilhamentos de experiências e visões. Assim, foi possível perceber que não fazíamos nada mais do que modificar o contexto das atividades disciplinares, presentes na escola, e que pouco contribuíam para o desenvolvimento do pensamento complexo de estudantes, e porque não dizer, dos professores.

Compreendendo o crescimento vegetal como fenômeno real e tão presente (ainda que de forma indireta) na vida de qualquer pessoa do mundo, que é fenômeno complexo e que para ser estudado requer uma atividade interdisciplinar, ancorada em diversas disciplinas como biologia, química, física, matemática, geografia, entre outras; bem como a necessidade de variados saberes científicos, presentes nos PCNs do Ensino Básico, a fim de dar suporte ao seu crescimento e sua produtividade de forma maximizada, tivemos assim uma temática local, já integrada ao cotidiano de toda a comunidade escolar, possível de ser utilizada como alicerce para a construção de uma atividade verdadeiramente interdisciplinar.

Escolhemos o feijão para ser nosso vegetal de cultivo e análise; esta preferência se deu por sua importância na culinária regional, seu valor nutricional, que inclusive nos permitiria uma germinação com maior facilidade, uma vez que nenhum dos participantes do projeto apresentava habilidades com a agricultura, por seu curto ciclo de vida (feijoeiros costumam ter seu ciclo completo entre 65 a 100 dias, diferentemente de outras frutíferas que podem demorar até 10 anos para iniciar seu

período reprodutor e começar a produção de frutos), reduzida necessidade de terra para o desenvolvimento de cada planta, entre outras muitas características (DUARTE et al., 2013).

Para execução do projeto, alguns encontros iniciais foram realizados entre os professores, para que todos pudessem se aclimatar a temática. Assim, foi possível conhecer elementos básicos da agricultura, como os tipos de solo empregados em cada cultura, os mecanismos de irrigação, a identificação de pragas e seu correto controle, volume de terra aproximado para possibilitar o completo ciclo do feijoeiro, as formas químicas e orgânicas de adubação do solo. Esta porque, na adubação química, os sais minerais necessários ao desenvolvimento vegetal são obtidos a partir de processamento industrial, ao passo que na orgânica os processos de decomposição da matéria em substâncias absorvíveis pela planta são realizados por animais e bactérias em seus sistemas digestórios. Em seguida, começamos a traçar de forma contínua uma sistemática de atuação, alinhando os conteúdos disciplinares a serem trabalhados majoritariamente nas aulas de forma tradicional e em algumas situações excepcionais no próprio contexto da horta; organizamos ainda a realização das atividades práticas na própria horta, de modo a otimizar o tempo e minimizar dentro do possível a desordem cognitiva, que poderia surgir entre os estudantes, em decorrência do rompimento paradigmático educacional, que todos (estudantes e professores) estavam experimentando pela primeira vez. Conforme começamos a observar, uma gama demasiadamente grande de conteúdos disciplinares emergindo, enquanto fazíamos o cultivo de feijoeiro, acabamos por decidir pela construção limitada, mas progressiva de um mapa conceitual, a fim de organizar e delimitar os conceitos a serem trabalhados, tanto nas atividades disciplinares como interdisciplinares.

Ao fim do projeto, fizemos entrevistas gravadas em áudio com estudantes e professores para o arguir acerca da atividade. Aos estudantes voltados para compreensão da relação entre as diversas disciplinas em sua visão pré e pós atividade e aos professores quanto a visão deles acerca da construção e execução de atividades interdisciplinares pré e pós projeto.

Inicialmente, a matemática nos ajudaria a aferir o desenvolvimento vegetal a partir do acompanhamento semanal de seu crescimento vertical, bem como variações

em seu desenvolvimento quando o volume de terra no vaso era modificado. Utilizando a construção de gráficos que relacionasse tamanho do vegetal x tempo, seria possível observar a relação entre as variáveis e compreender a relevância das funções matemática para diversas atividades. Também poderíamos utilizar o conceito de média aritmética para relacionar a saúde da planta com sua produtividade, em número de vagens e total de grãos produzido em função das variadas grandezas químicas, biológicas e físicas testadas com a espécie ao longo de seu ciclo.

Do ponto de vista físico, seria possível observar o crescimento e o equilíbrio estático do vegetal quanto a seu desenvolvimento (sempre direcionado pela luz, ao que chamamos de fototropismo, e pela gravidade, gravitropismo): uma planta crescendo para uma das direções (influenciada pela disposição luminosa e não para cima, como se imagina ser a regra), faria emergir uma alavanca natural que, para se sustentar, precisaria de um ponto de equilíbrio, alcançada pelo crescimento antiparalelo de suas raízes. O conceito de centro de massa emergindo, a partir deste crescimento orientado pela luz, também seria vivenciado na prática, bem como através da construção de jarros acoplados verticalmente (um com água e outro com terra, para realização de um processo automático de irrigação).

A biologia, por sua vez, nortearia o crescimento vegetal, em razão dos nutrientes fornecidos a planta e sua conversão em substâncias essenciais a seu desenvolvimento, através da fotossíntese. Assim, observando a presença ou ausência de determinados componentes no solo, poderíamos entender o desenvolvimento vegetal e sua dependência destes fatores. Paralelamente a relação ecológica entre os feijoeiros e caramujos em uma relação de predatismo, bem como polinizadores em uma relação de cooperação e plantas aromáticas capazes de afastar insetos cujo ciclo de vida seria prejudicial para emergir a relação de comensalismo. Aqui, o feijoeiro se beneficiaria da ausência de pragas no local sem, no entanto, oferecer benefício algum a estas outras espécies vegetais. Assim, visitaríamos uma série de relações ecológicas distintas entre diferentes espécies em uma mesma atividade pedagógica.

A química teve como parâmetro de partida a relação do pH com o desenvolvimento vegetal, criando um solo branco, outro intencionalmente acidificado e outro basificado, permitindo-nos inferir se e de que forma este fator químico interfere no crescimento vegetal, disponibilizando ou não determinados íons, necessários ao

desenvolvimento do feijoeiro. Outro fenômeno químico observado foi o da capilaridade. Como estávamos tendo uma significativa perda das primeiras mudas e ainda investigávamos quais seriam as possíveis razões, implementamos várias metodologias de irrigação do solo, dentre elas, um sistema baseado em dois vasos superpostos, de forma que o de baixo pudesse aportar a água para o solo e ao mesmo tempo sustentar o vaso contendo a terra e o vegetal em desenvolvimento. Para executarmos o processo de autoirrigação, mantendo assim um fluxo de água contínuo para o vegetal e alcançando um solo permanente úmido, os dois vasos foram interligados com cordões de algodão a fim de favorecer a elevação da água, por meio do fenômeno conhecido como capilaridade. Este sistema pode ser observado na figura 3.

Figura 3 - Vasos autoirrigáveis



FONTE: própria

A partir destes pontos, foi possível desenvolver uma atividade prática interdisciplinar, a fim de permitir que estudantes e professores internalizassem a complexidade dos fenômenos, que cercam a vida moderna, mesmo em uma atividade milenar como a agricultura. Diante de uma estrutura de educação tradicional, na qual as disciplinas são ofertadas de forma isolada, indiferente aos saberes de outras matérias, foi possível dar um significativo passo em direção à compreensão, por partes de estudantes e professores, de que o pleno exercício cidadão requer que façamos o uso conjunto das muitas ferramentas disciplinares que nos são ofertadas na vivência escolar. Uma vez obtendo aprovação, por parte de professores e alunos, da relevância de somar saberes disciplinares, na compreensão e intervenção de

problemáticas reais, que são por natureza consideravelmente mais complexos que exercícios de provas tradicionais, temos um verdadeiro catalisador na valoração e produção de atividades interdisciplinares neste contexto escolar.

Assim, o objetivo geral desse projeto é avaliar como o cultivo de feijões auxilia na construção de uma atitude interdisciplinar para aprendizagem de conceitos científicos.

Para ajudar no estabelecimento desse objetivo, apresentamos um rol de objetivos específicos:

I. Analisar a influência de fatores físicos, químicos e biológicos no desenvolvimento dos feijoeiros, usando recursos matemáticos para fins métricos e comparativos;

II. Avaliar como professores de ciências da natureza percebem, por meio de uma estratégia teórico-experimental, a importância de um pensamento interdisciplinar na construção da visão holística no contexto escolar;

III. Produzir um manual de construção de uma atuação interdisciplinar, a partir do cultivo de feijão, na visão dos alunos e professores, com todas as etapas percorridas na construção desta atividade de ensino-aprendizagem aplicada com eles, para estruturar a prática interdisciplinar de modo a permitir que outros professores, dentro de seus contextos escolares, possam replicar ou estruturar experiências semelhantes.

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos assim intitulados: introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussão, considerações finais e perspectivas futuras, referências.

Neste primeiro capítulo, apresentamos a experiência profissional como gatilho para o despertar acerca do problema da fragmentação dos saberes, fizemos um levantamento sobre o que outros autores têm discutido a respeito do tema, os objetivos da investigação, delineamos de forma panorâmica, a metodologia de trabalho e descrevemos a estrutura do texto.

No segundo capítulo, concentramo-nos em fazer um levantamento bibliográfico, para alicerçar toda a prática interdisciplinar delimitando, inclusive a tipologia utilizada, seus pressupostos e suas ferramentas.

No terceiro capítulo, descrevemos a metodologia de pesquisa qualitativa com foco em uma pesquisa-ação, a fim de remodelar a prática pedagógica escolar, desde seu planejamento, passando pelas diversas fases de seu desenvolvimento que continuará mesmo após a apresentação desta dissertação.

No quarto capítulo, apresentamos resultados do cultivo do vegetal, ao passo em que, de forma concomitante, debatemos o processo de imersão na atividade interdisciplinar, tanto por parte dos estudantes como de professores.

No quinto capítulo, relatamos nossas ponderações acerca da construção do projeto, seus méritos e pontos a serem melhorados e descrevemos em linhas gerais como a atividade continua em permanente transformação, seguindo seu propósito de desenvolver o pensamento complexo em estudantes e professores.

No capítulo de número seis, apresentamos parte da bibliografia consultada para construção deste projeto, tanto do ponto de vista técnico da agricultura como do ponto de vista educacional. Parte do levantamento específico do cultivo vegetal acabou por ficar de fora deste texto, para que não fossemos sorrateiramente arrastados em direção à produção de um relatório técnico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica dessa pesquisa, apresentamos as seções que são importantes para compreensão do objetivo e dos resultados, a saber: a interdisciplinaridade e os conceitos científicos em destaque.

2.1 A interdisciplinaridade

Com o passar dos séculos, devido ao amplo desenvolvimento da ciência e seu rápido progresso em razão do método newtoniano-cartesiano, a escola assumiu para si este paradigma (BEHRENS, 2011). Repartiu os saberes, recortando a realidade em minúsculos pedaços, buscando assim otimizar a aprendizagem destes por parte dos estudantes. Na expectativa de avançar no ensino, criou-se, entretanto, um análogo à criatura de Victor Frankenstein. Alguém que, segundo o clássico romance gótico, apesar de ser formado pela junção de partes humanas e se portar como pessoa, não era capaz de elaborar em si o ofício da humanidade; sendo eternamente considerado por todos como uma criatura estranha, assustadora, sem propósito para existir e inepto para a vida social. Ao se juntar partes de pessoas diferentes em uma só, não se concebeu um ser humano, faltou-lhe a essência da vida, seu espírito. Semelhantemente, a mera junção dos saberes aprendidos não permite ao estudante compreender a essência da natureza do mundo e invariavelmente algo da essência do saber se perde em meio a sua fragmentação. Similarmente, a criatura do Frankenstein, que sendo unido por vários pedaços de seres humanos, por si só, não se torna um humano, falta-lhe algo que não sabemos ao certo apontar.(SHELLEY, 2006)

Por meio da física, observamos o desenvolvimento do paradigma da simplicidade, sustentado por três pilares: a continuidade, a causalidade local e o determinismo. Tendo em vista que um objeto não pode sair de um ponto a outro sem que passe por todos os pontos intermediários entre seu ponto de partida e chegada, inferimos a continuidade da matéria. Se este objeto tem sua equação horária modificada em razão de uma aceleração/desaceleração é sintoma da causalidade local; alguma força atuou sobre ele de forma a interferir em sua posição frente ao tempo. Por causa do determinismo, é possível prever matematicamente onde este

estará em qualquer intervalo de tempo escolhido, uma vez que seu movimento é contínuo. Este conjunto de fundamentos, aparentemente universal, conquista a comunidade científica e os faz mergulhar em uma ideologia científicista, a qual julga a si mesma como plenamente capaz de a tudo compreender (SOMMERMAN, 2008).

Paradoxalmente, no início do século XX, descobertas no campo da física, alicerçadas pela quântica e pela relatividade observada por Albert Einstein, na qual matéria e energia passaram a ser vistos não mais como objetos discrepantes, sem nenhuma relação embrionária, sem obedecer ao mesmo conjunto de leis, mas sim como gêmeos siameses que em razão da limitação do observador (o cientista aprisionado pelo paradigma newtoniano-cartesiano) não haviam sido percebidos. Assim, foi possível perceber que matéria e energia poderiam se converter uma na outra, denunciando assim sua origem embrionária comum. Com o advento da quantização da energia proposta por Max Planck, a transição da energia em saltos quânticos (os fótons) revelou assim a descontinuidade da matéria (ao menos em escala subatômica), “partículas” capazes de transitar de um ponto a outro sem passar por qualquer local intermediário, pôs em cheque assim a causalidade local por décadas, a qual só veio ser compreendida na forma de causalidade global na década de 1970. Aqui, observa-se que não importa quão distantes as partículas possam estar, elas ainda continuam a interferir mutuamente em suas identidades e comportamentos. Com a promulgação do princípio da incerteza de Heisenberg, o pilar do determinismo científico é demolido; pela primeira vez percebe-se impossível aferir a posição e o momento linear de uma partícula, grandezas sem as quais é inverossímil prever seu comportamento no decorrer do tempo (SOMMERMAN, 2008).

A física, que teria sido um dos maiores fundamentos que justificaram o repartir dos saberes em nome da eficiência do descobrir, foi também o ponto de partida que propôs a reflexão coletiva, que nos permitiu chegar até este trabalho. A perspectiva de que os saberes, em algum ponto e medida, precisariam ser reconectados a fim de que nos fosse possível uma compreensão mais elaborada da natureza (BEHRENS, 2011). Neste contexto, Moraes (1997) acrescenta que:

O mundo passou a ser concebido em termos de movimento, de fluxo de energia e processo de mudança. As partículas passaram a ser vistas como feixes dinâmicos de energia, o que revelou a natureza dinâmica da matéria. No universo, tudo passou a ser composto de matéria e energia, considerados indissociáveis. E os fenômenos da natureza passaram a ser expressos em termos de processos e eventos (MORAES, 1997, p. 59).

Ainda sobre como a física em nível subatômico representa um divisor de águas sobre o caminho em que devemos enxergar as relações entre os conteúdos disciplinares e sobre o paradigma educacional, Capra (1996) vai dizer que:

No entanto, na década de 20, a teoria quântica forçou-os a aceitar o fato de que os objetos materiais sólidos da física clássica se dissolvem, no nível subatômico, em padrões de probabilidade semelhante as ondas. Além disso, esses padrões não representam probabilidade de coisas, mas sim probabilidade de interconexões. É desta maneira que a física quântica mostra que não podemos decompor o mundo em unidades elementares que existem de maneira independente. Quando desviamos nossa atenção dos objetos macroscópicos para os átomos e as partículas subatômicas, a natureza não nos mostra blocos de construção isolados, mas em vez disso aparece como uma complexa teia de relações entre as várias partes de um todo unificado (CAPRA, 1996, p. 41).

Por meio destas novas descobertas, que estremecem os alicerces da ciência, ainda no início do século XX, observamos uma quebra de paradigma no olhar sobre a natureza, suas leis e inter-relações. Se antes o positivismo nos dirigia a enxergar a natureza como algo concreto, de essência objetiva, completamente alheia ao observador (aqui o paradigma tradicional), seu ponto de vista ou mesmo seus instrumentos de análise, passa-se agora a perceber que ao menos na escala microscópica o referencial é sempre determinante na análise do objeto, que os instrumentos e metodologias de análise são cruciais na quantificação e na qualificação de suas propriedades. Enxergamos desta forma a não dissociabilidade do todo, a alienação do fragmento, quando visto de forma isolada, e acendemos o alerta para a necessidade de um pensar científico que nos permita a compreensão dos fenômenos em sua essência, orientado pelo conjunto de suas partes em plena interação, alicerçando a teia da vida presente em tudo ao nosso redor; mais do que isto, as relações entre os fragmentos é que dão significado a cada parte, pedaço sem o qual seria impossível atribuir sentido de forma repartida do todo (aqui o paradigma da complexidade). Semelhantemente ao que podemos observar nas células de um indivíduo, apesar de possuírem características e estruturas diferentes, todas elas possuem algo em comum que as qualificam como parte de um todo, o DNA. Partimos assim do paradigma tradicional, no qual as leis eram vistas como universais, autossuficientes e a tudo capazes de explicar para o da complexidade cujas leis poderiam perder significado ou importância a depender das conexões realizadas pelo objeto em estudo (ALMEIDA et al., 2017). Com isto, não estamos propondo o abandono das disciplinas, suas individualidades, leis, paradigmas, pressupostos

(inclusive porque estes saberes foram isolados, justamente pela natureza de seus objetos de estudos e pela conseqüente singularidade exigida em sua análise); mas de buscar um caminho que nos permita alcançar um patamar de compreensão superior aos fundamentos de cada disciplina isoladamente. A própria química lutou para atingir o status de ciência, utilizar-se de seus próprios pressupostos, ter seu próprio e exclusivo objeto de análise. É difícil demarcar na linha do tempo em que momento a química se destaca da ciência; talvez na descoberta das propriedades do sal comum para conservar alimentos para dias em que a caça não fosse possível ou mesmo o domínio do fogo, capaz de permitir o acesso a maiores quantidades de nutrientes (CHASSOT, 2004b). Contudo, não podemos negar as múltiplas contribuições de Antoine Lavoisier para o estabelecimento dos pilares da química enquanto ciência. Se antes o lidar com as substâncias tinha uma visão mística embebida pela figura mágica particular de sua época, ao introduzir os preceitos da pesagem no estudo das substâncias, e ao longo do curso de suas transformações, Lavoisier deu a estes fenômenos uma aparência peculiar do método newtoniano-cartesiano, não sob os fundamentos da física ou da matemática, mas sob a égide de seus próprios elementos. A sistematização dos nomes de substâncias, a compreensão dos ácidos oxigenados, a desconstrução da teoria do flogisto e sobretudo a introdução da primeira lei ponderal sem dúvida ajudaram a dar um passo fundamental da química em direção ao seu reconhecimento como ciência por parte de suas coirmãs (CHASSOT, 2004a). De maneira ampla e exaustiva, Kuhn (1998) enfatiza a contribuição de "Traité élémentaire de chimie" de Lavoisier, como a certidão de nascimento dos pressupostos da química. Equipara ainda a sistematização dada a química por Lavoisier a que Newton deu à física, Aristóteles à matemática e etc. O autor sugere que a delimitação dos problemas a serem investigados e os corretos métodos que estabeleceram este campo de investigação vieram justamente da referida obra de Lavoisier; por gerações adiante foram seguidos os seus preceitos, dando assim à química sua própria identidade enquanto ciência. Tendo consciência da real importância da química enquanto disciplina, seremos capazes de integrar saberes e avaliar de forma mais realística os fenômenos que nos cercam, bem como intervir de forma mais adequada.

Uma vez que o problema da fragmentação do saber foi identificado, iniciou-se na Europa, tendo França e Itália como principais protagonistas, uma busca que

perdura até a contemporaneidade, a de reconectar as ciências que foram dissociadas e hoje sequer conseguem ser vistas como partes do todo. O primeiro registro formal desta intenção se concretizou no projeto apresentado à UNESCO, em 1961, por Georges Gusdorf. Tratava-se de um projeto de pesquisa, em ciências humanas, que se propunha a pôr em colaboração pesquisadores de notório saber de diversas áreas, a fim de convergir seus conhecimentos para a unidade humana (FAZENDA, 2018). Nesta caminhada, surgiu o termo interdisciplinaridade. Este termo tem sido utilizado atualmente nos mais diversos contextos, nas mais diversas situações e justamente por isto há pesquisadores que se dedicam a identificar seu real significado e separar de seus primos: multidisciplinaridade/pluridisciplinaridade e transdisciplinaridade. Conforme afirma Pombo (2013), não há consenso algum sobre o caráter exato do que é a interdisciplinaridade, tão pouco de quais caminhos se deve percorrer na certeza de alcançá-la. Não há, portanto, neste trabalho, interesse de edificar a epistemologia daquilo que há 50 anos a comunidade acadêmica vem estudando calorosamente sem ainda sim pôr fim aos muitos debates e reflexões. Aqui, pretendemos nortear a prática pedagógica que iremos desenvolver, de forma que os diversos conteúdos possam cooperar, a fim de possibilitar uma alternativa de ensino com conseqüente integração dos saberes, de modo a permitir uma aprendizagem significativa, relevante para o estudante e que os possibilite enxergar estes temas na teia da vida real.

Há várias definições para tais termos, com autores que diferenciam inclusive a multidisciplinaridade da pluridisciplinaridade, embora parte deles possam compreender como sendo a mesma categoria em razão de seus prefixos; multi e pluri são prefixos que nos direcionam a um coletivo, a uma diversidade sem, no entanto, indicar relação entre estes muitos. Para os que compreendem multidisciplinaridade e pluridisciplinaridade como sendo conceitos distintos, o primeiro é compreendido como uma ação descoordenada entre as disciplinas, semelhantemente ao que é feito em muitas escolas do Ensino Básico brasileiro (SOMMERMAN, 2008). As disciplinas são desenvolvidas ao longo do ano letivo, de forma simultânea, mas sem coordenação entre seus objetivos e planejamentos, seguindo de forma independente uma da outra. Quando o professor de matemática ensina a seus estudantes a função do segundo grau, ele preocupa-se apenas com os objetivos a serem alcançados de sua própria ciência. Concentra-se assim a habilitar seus discentes na utilização das ferramentas para solução de problemas puramente matemáticos. Não é preocupação deste

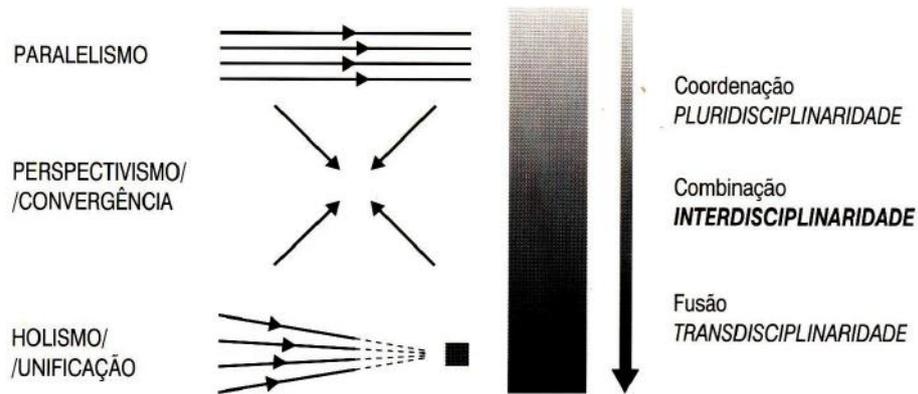
professor se o assunto servirá de aplicação, por exemplo, na compreensão do lançamento oblíquo de um objeto, tema estudado pela disciplina de física, por seus estudantes. Embora o professor desta matéria escolar se utilize daquela ferramenta matemática, o assunto passa por um reensino, sob a ótica da física, justamente porque não há diálogo e tampouco coordenação entre os professores em questão (ISKANDAR; LEAL, 2002). Por outro lado, a necessidade de compor um profissional apto a exercer plenamente um papel social obriga as disciplinas a terem um mínimo de diálogo, ainda que seja apenas no momento da concepção da grade curricular e das ementas de suas disciplinas. Isso impele os cursos profissionalizantes e superiores a caminharem em um mecanismo pluridisciplinar. Nesta versão, embora não haja permanente diálogo entre as disciplinas, há uma organização mínima, tal que pode ser percebido, sentido no aprender de cada área. É, de alguma maneira, o que estamos acostumados a observar nos cursos universitários brasileiros, por meio dos pré e correquisitos em que as disciplinas são desenvolvidas ao longo do curso com alguma coordenação entre elas de modo a permitir uma formação mais sólida do profissional. Podemos observar isto quando se exige que um estudante de química aprenda cálculo diferencial, antes que venha a estudar cinética química. Isto ocorre, porque para uma compreensão plena do conceito de velocidade instantânea de uma reação química é necessário que se compreenda o conceito base de derivada. Assim, a disciplina responsável pelo aprendizado de cinética química acaba tendo como pré-requisito os conteúdos de derivada aprendida na disciplina de cálculo diferencial e integral. Nenhuma disciplina, entretanto, abre mão de seus pressupostos, metodologias, linguagem técnica específica ou qualquer outra singularidade que lhe seja identitária (SOMMERMAN, 2008). Adotaremos neste trabalho a tipologia expressa por Pombo, em que multi e pluridisciplinaridade remetem ao mesmo significado, em razão da natureza de nosso idioma, que indica ambos os prefixos como equivalentes. (POMBO, 2013)

Desta forma, todos os 3 termos estão conectados a partir de seu sufixo, à disciplina. Este sufixo, por si só, já implica vários sentidos, aos quais precisaremos citar a fim de que possamos nortear sob qual perspectiva estamos utilizando-o. Disciplina como ramo do saber: matemática, física, química, biologia. Disciplina como componente curricular: física-matemática, cristalografia, ecologia. É possível que, para muitos, perspectiva de ramo do saber e componente curricular sejam exatamente

a mesma coisa; ressaltamos, no entanto, que enquanto o primeiro delimita o conjunto de leis próprias e objetos a serem estudados por aquelas, a segunda trata da fragmentação dos saberes em si, a ser distribuídos em razão do objetivo pedagógico. Há ainda a disciplina no sentido estrito de comportamento; o conjunto de normas adotadas por determinado grupo, como sendo o padrão esperado por todos: a disciplina militar, escolar, atlética. Neste contexto acima descrito, temos que o sentido oportuno para palavra disciplina refere-se ao ramo do saber (POMBO, 2006b).

Por outro lado, os prefixos adotados diferenciam seu ponto de chegada. Embora todas as 3 partam do mesmo ponto, elas nos permitem chegar a estágios diferentes, no que a autora vai chamar de *continuum* ao grau de coordenação entre os ramos do saber: aqui, a multidisciplinaridade remete à coordenação dos saberes, em um caminhar de paralelismo em que os compartimentos do saber nunca confluem, entretanto, apresentam perspectivas em comum, diferentes pontos de vista do mesmo objeto, no qual cada um enxerga algo que está fora do alcance dos demais olhares, sem que haja complementaridade das visões ou tampouco união de seus significados. Nesta mesma linha de pensamento, ela se refere à interdisciplinaridade, como a coordenação dos fragmentos, conduzindo-os numa perspectiva convergente, de tal modo que, embora partam de pontos diferentes, caminham em direção ao mesmo ponto, sem abrir mão de suas singularidades, de sua forma de compreender o todo. É razoável pontuar que a interdisciplinaridade não implica abrir mão da identidade epistemológica de cada disciplina, de seus pressupostos, linguagem técnica ou leis; mas de coordenar as diferentes visões de variados ramos do saber, com a finalidade de expandir a visão sobre o objeto de estudo, permitindo assim uma compreensão integral do que se busca compreender, a integração dos saberes. Por fim, a transdisciplinaridade assume o papel de fusão dos saberes, em que não se pode mais determinar onde um termina e o outro começa; existindo uma convergência dos saberes, até o ponto em que se tornem únicos e indissociáveis. Nesta perspectiva, as disciplinas abrem mão de suas identidades próprias em prol do todo, da visão de conjunto. Na figura a seguir, temos a síntese elaborada por Pombo em que se translitera a tipologia adotada para interdisciplinaridade neste trabalho (POMBO, 2008).

Figura 4 - O elevar do grau de coordenação



FONTE: (POMBO, 2008)

A palavra interdisciplinaridade, via de regra, surge quando abordamos um tema em que nossa área de especialização não é o bastante para responder suas demandas. A partir da fragmentação do saber incorporado pelas instituições de ensino, universidades e escolas de Ensino Básico, deparamo-nos com a insuficiência de colar os recortes dos saberes para compreensão de problemas científicos mais complexos (POMBO, 2013). Uma simbiose entre as partes, que criava algo novo e integralmente diferente destas, era percebida quando era feito uma análise mais fina do problema. Conforme relata Pombo (2008), aquilo que se pensava simples, o átomo, aumentou de complexidade, à medida em que análises mais finas (a partir de mais recursos tecnológicos) foram realizadas. A autora ainda é clara ao dizer que isto não invalida de forma alguma os méritos do método Newtoniano-Cartesiano, mas põe em cheque seu absolutismo na compreensão do mundo contemporâneo.

Oppenheimer (1955, p. 55, apud POMBO, 2006, p. 7), um homem essencialmente da ciência, chega a relatar este grande problema da fragmentação dos saberes, da separação dos grupos de pesquisas em áreas cada vez mais específicas e que não comunicam entre si; colocam-se em ilhas, tornando-se autoridades naquilo que estudam e completos ignorantes em tudo o mais que o cercam. Poderíamos esperar que a ciência progredisse de forma singular se estes indivíduos saíssem de suas ilhas do saber e se permitissem a colaboração, a compreensão de teoremas ao menos fronteiriços. Longe disto, o que se viu no século passado foram revistas, congressos, grupos de pesquisa e livros cada vez mais específicos e com um foco no tema tão grande que se torna impossível visualizar o

todo, tampouco retornar a tal e solucionar um problema de maior complexidade (POMBO, 2006b). Neste século, porém, vivemos o antagonismo da prática passada. A palavra interdisciplinar é utilizada nos mais variados contextos, quase que como um mantra midiático, que precisa ser enfatizado a todo instante, muitas vezes de forma desfigurada, a fim de dar destaque às práticas tanto de pesquisa quanto pedagógica. Até mesmo eventos televisivos têm sido tomados por esta corrente, eventos jornalísticos, que juntam profissionais de variadas áreas em torno de um semicírculo ou mesa redonda qualquer, para supostamente construir uma visão “interdisciplinar” de um fenômeno em análise. Entretanto, o que se percebe, via de regra, é a atuação descoordenada dos especialistas, os colocando muitas vezes em situação de oposição uns aos outros; isto é qualquer coisa, exceto interdisciplinaridade. Talvez por isto, pelo uso abusivo do termo, uma série de outras palavras e expressões têm sido cunhadas no afã de significar o que precisamos dizer pela palavra, já bastante gasta, a qual estamos a debater. Integração dos saberes, globalização e um sem número de outros termos que buscam sintetizar o que ainda nem mesmo se solidificou enquanto conceito (POMBO, 2013).

Variadas são as causas que se somam para justificar o buscar desenvolver práticas interdisciplinares dentro do contexto escolar, ou ao menos o que se pensar ser interdisciplinar. O significativo avanço científico, a exponencial especialização dos saberes e a fragmentação das ciências têm levado professores à contradição de ensinar cada vez mais conteúdos que têm cada vez menos relação com a vivência cidadã. Isto tem gerado um descolamento concreto e cristalino entre a função escolar, que é preparar o estudante para o exercício cidadão, e a prática pedagógica desenvolvida entre suas paredes. Esta última tem cada vez mais sido direcionada a resolução de problemas vestibulares em detrimento da formação cidadã (KRASILCHIK, 1988). Isto tem conduzido a comunidade escolar a uma crise existencial na qual, não raramente, os profissionais da educação (e aqui se incluem além dos professores, diretores escolares, pedagogos, entre outros) acabam recorrendo a justificativas do saber disciplinar a qualquer relação com uma possível futura vida acadêmica do estudante ou mesmo seu acesso a universidades (FOUREZ, 2003).

Neste afã, conteúdos curriculares são revistos de forma cada vez mais frequentes na tentativa de reconectar os saberes desenvolvidos na escola, com a

intenção de contribuir com a formação cidadã de estudantes. Paralelamente a isto, temos visto também a expansão de carga-horária, aumento do número de disciplinas, de séries extras (obrigatoriamente a partir de 2010, com a inclusão de mais um ano na Educação Básica, especificamente no Ensino Fundamental), a proliferação de cursos de aperfeiçoamento e mestrados voltados para professores (MEC, 2020). Na contramão disto, a escola não tem valorizado uma modalidade de conhecimento que se comunique melhor com os estudantes, que capture mais facilmente sua atenção e interesse, deixando assim grandes lacunas na formação dos jovens, contribuindo para concretizar um profundo distanciamento do mundo contemporâneo. Por isto, também tem a escola o dever de repensar seu papel e seus métodos a fim de que continue a colaborar com o progresso da civilização pós-moderna (POMBO, 2004).

Em meio a uma dificuldade que emerge, a da necessidade do pensamento interdisciplinar para solucionar questões reais, que são por natureza complexas, esbarra-se na dificuldade de adjetivar as relações entre diversos campos científicos na resolução de um problema.

Outro campo preocupante é a ausência de consciência da importância da integração dos saberes científicos, na busca do conhecimento, quando se pensa dominar o que não se compreende, o homem caminha para cegueira e se distancia da gnose. Gasset (2005) comenta sobre a preocupação com o niilismo científico categorizado que há muito tempo atrasa o progresso da ciência e seus benefícios para sociedade:

Porque outrora os homens podiam dividir-se, simplesmente, em ignorantes e sábios, em mais ou menos sábios ou mais ou menos ignorantes. Mas o especialista não pode ser submetido a nenhuma destas duas categorias. Não é um sábio porque ignora formalmente tudo quanto não entra na sua especialidade; mas também não é um ignorante porque é 'um homem de ciência' e conhece muito bem a pequeníssima parcela do universo em que trabalha. Teremos de dizer que é um sábio-ignorante – coisa extremamente grave - pois significa que é um senhor que se comportará em todas as questões que ignora, não como um ignorante, mas com toda a petulância de quem, na sua especialidade, é um sábio (GASSET, 2005, p. 183).

É por enxergar este conjunto de problemas e inquietações que consideramos neste trabalho de pesquisa buscar por uma tipologia interdisciplinar que permita que professores e estudantes, deste contexto escolar, possam ressignificar sua visão dos saberes. Dentre as variadas tipologias de práticas interdisciplinares, descreveremos algumas, a fim de nortear melhor a escolha deste trabalho pela prática de cruzamento.

Na prática interdisciplinar do tipo importação, temos uma disciplina como centro norteador da atividade. Em razão de sua insuficiência para compreensão do problema em estudo, acaba-se por recorrer a outras ciências. Estas, entretanto, são apreendidas pela matéria central enquanto ferramentas necessárias à complementação de sua prática. Aqui, permanecem, de forma clara, os pressupostos da cadeira centralizadora da atividade. Há, portanto, uma clara hierarquização interacional disciplinar. Poderíamos usar como exemplo o corriqueiro uso da matemática, como ferramenta para o destrinchamento de conceitos físicos. Como quando se utiliza do cálculo diferencial e integral para o estudo de campos elétricos em superfícies esféricas; tema recorrente no Ensino Superior de física.

Na prática do tipo cruzamento, temos um movimento sem hierarquias. Aqui, o foco é a compreensão do problema em si e não nos pressupostos de uma disciplina. Do desejo de compreensão do fenômeno surge a cooperação disciplinar, sem que uma se suplante a outra. Isto só é possível pela clareza da incapacidade disciplinar de esgotar o entendimento do fenômeno por completo. Há assim uma contaminação mútua das disciplinas e dos seus pressupostos sem que alguma surja como dominante, norteadora ou centralizadora da prática. É exatamente o tipo de prática necessária para compreensão do ciclo vegetal, em que não há dominância de fenômenos físicos sobre os biológicos ou químicos e vice-versa. Exatamente por isto escolheu-se esta tipologia para este trabalho.

Há ainda a prática por descentração, em que a complexidade do fenômeno não permite o desmembramento dos pressupostos disciplinares. Não há disciplina que dê causa ao problema, nem tampouco seja o fim em si mesma da prática. Pela natureza do problema, sendo demasiadamente grande, têm-se a fundação de um conjunto próprio de leis que alicerçam sua própria prática. É o caso por exemplo da ecologia, biofísica e muitas outras. Há ainda um variado número de categorias de práticas interdisciplinares, das quais ainda podemos citar a por convergência, por comprometimento e tantas outras. Não pretendemos aqui esgotar as possibilidades das práticas interdisciplinares, mas pontuar sua variada existência (POMBO, 2006a).

Escolhemos aqui desenvolver uma atividade multidimensional, estruturada sob a ótica da prática de cruzamento (POMBO, 2006a). Estando cientes de que no mundo real há problemas e não disciplinas, e que a complexidade destes nos conduz à necessidade de abarcar múltiplos ângulos de olhares, a fim de compreender a

natureza do que nos desafia e construir um mecanismo que nos permita avançar diante da referida dificuldade, encontramos nesta tipologia da prática interdisciplinar um passo possível de ser dado rumo a uma mudança paradigmática do contexto escolar. Uma vez que esta tipologia compreende que a relação entre as disciplinas as permite importar, umas das outras, seus pressupostos, fundamentos e leis através do qual cada matéria se permita contaminar por todas as outras e caminhar para uma expansão de seu significado próprio. Que aqui não se estabelece hierarquia disciplinar, nem tampouco se busca fazer uso de outras disciplinas para apenas alcançar a solução de um problema próprio de uma componente curricular; que a consequência objetiva disto é o possibilitar do desenvolvimento da visão com nitidez do paradigma da complexidade, bem como munir estudantes e professores de ferramentas para avaliar e intervir da melhor forma possível, traduzindo assim nosso anseio no desenvolver deste trabalho, através das práticas aqui explicitadas (POMBO, 2004).

2.2 Conceitos Científicos

A seguir, apresentaremos uma síntese dos conceitos oriundos das diversas disciplinas, que serão significativos no trabalho com a horta escolar, no cultivo dos feijoeiros.

2.2.1 QUÍMICA

Devido às suas características peculiares, ácidos são conhecidos e relatados desde a Idade Média e as bases, por sua vez, são relatadas desde o século XVIII. Devido à sua capacidade de interagir com indicadores ácido-base, muitos pesquisadores formularam teorias, na tentativa de explicar o mecanismo de atuação destas duas categorias de substâncias. A primeira teoria de grande relevância foi apresentada por Arrhenius, proposta em 1887. Sua teoria define ácidos como sendo substâncias capazes de liberar como única carga positiva íons H^+ em meio aquoso e, para bases, ele discorreu que era qualquer substância capaz de, em água, liberar único ânion a hidroxila (OH^-). A teoria era bem consistente, sobretudo quando se submetia diferentes ácidos e bases a experiências com indicadores, obtendo a mesma cor quando ácidos e outra quando bases. Estas substâncias, apesar de serem ácidos ou bases, não conseguiam ser identificadas como tais em situações como ausência

de água como solvente. Ainda, outras substâncias se comportavam como ácidos ou bases, mesmo na presença de água sem, no entanto, interagir com os mesmos indicadores. Novas teorias foram sendo desenvolvidas, de modo a explicar de maneira mais geral as características de ácidos e bases (CHAGAS, 1999).

Os indicadores ácido-base foram utilizados por Boyle, desde o século XVII. Eles são substâncias capazes de modificar sua estrutura química, a partir de interações com ácidos e bases. Cada tipo de interação ácido/base é capaz de produzir estruturas que interagem (gerando cor) ou não com a luz (tornando-se incolor). Em 1767, Willian Lewis utilizou pela primeira vez indicadores ácido-base em reações de titulação, dando a estas substâncias uma aplicação quantitativa, capaz de contabilizar a intensidade ácida/básica. Anteriormente, os indicadores eram aplicados apenas em avaliações qualitativas, determinando apenas a presença de ácido/base. Tendo sido observado, em alguns extratos vegetais, tonalidades diferentes, em função da força ácida, os parâmetros quantitativos começaram a se tornar aplicáveis à investigação científica (TERCI; ROSSI, 2002).

Com o passar dos anos, muitas técnicas para aferição da acidez/basicidade foram sendo desenvolvidas. Uma delas consiste na utilização de imagens capturadas com câmeras digitais, para que se possa acompanhar a sutil mudança de acidez da amostra durante sua titulação. Aquilo que nossos olhos não são capazes de detectar, em virtude da sutileza da mudança colorimétrica, câmeras com capacidade de capturar 16 milhões de cores e um algoritmo computacional conseguem. Sem a utilização de qualquer indicador ácido-base adicional, apropriando-se apenas das antocianinas presentes no vinho tinto, Tôrres e colaboradores (2011) realizaram a análise em uma caixa fechada, com fonte luminosa própria e uma câmera digital para capturar a sutil mudança de cor do vinho ao longo da titulação. Por meio de um sistema de calibração, baseado em titulação espectrométrica e potenciométrica, o sistema foi capaz de detectar o final da titulação, utilizando como parâmetro a análise computacional das imagens coletadas com uma WebCam. Como principais vantagens, a técnica utilizada apresentou a não necessidade de indicadores externos bem como a não necessidade de diluição da amostra, procedimento corriqueiro em técnicas de titulação.

Como as concentrações de íons H^+ e OH^- costumam ser muito reduzidas em soluções de trabalho, sejam elas artificialmente ou naturalmente produzidas, usualmente acabava-se por trabalhar com valores apresentados com várias casas decimais. A fim de melhorar sua apresentação, passou-se a utilizar a escala logarítmica na química, para referir-se à acidez e à basicidade das amostras. O pH então é definido como:

$$pH = -\log [H^+] \quad \text{eq. 1}$$

A função logarítmica possui a capacidade tanto de expressar números gigantescos como infinitesimais de forma razoável; o sinal negativo é necessário para positivar valores que seriam negativos, em razão das concentrações aferidas terem como um máximo valores próximos de $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ou $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Tendo assim seu logaritmo na base 10 igual a -1 (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

2.2.2 BIOLOGIA

A nutrição vegetal é subdividida em dois grandes grupos, os macronutrientes e os micronutrientes. No primeiro, temos o nitrogênio, fósforo e potássio, também conhecidos pela sigla NPK. A denominação macro se deve à elevada necessidade desses elementos para o desenvolvimento vegetal. Já em relação ao termo micro, o utilizamos devido à necessidade vegetal destes nutrientes ser cerca de 10 a 5000 vezes menor que o primeiro grupo (FAQUIN, 2005) e os principais são: cálcio, magnésio (sendo estes dois primeiros citados por parte da literatura como macronutriente), boro, enxofre, cobre, manganês, ferro e zinco (MAFFEIS; SILVEIRA; BRITO, 2000) (SEVERINO et al., 2006) (FAQUIN, 2005).

A quantidade de nutrientes necessária para o desenvolvimento adequado do vegetal varia de uma cultura para outra, devendo cada espécie passar por estudo específico, a fim de se obter o maior rendimento possível (produtividade/adubação). Entre 1967 e 1969, o Brasil teve uma redução na produtividade de grãos de feijão em cerca de 5% ao ano, para mesma área plantada. Dentre os vários fatores apontados como causadores estavam justamente a deficiência de nutrientes específicos no solo, que comprometiam não só o desenvolvimento como a saúde do vegetal, tornando-o mais suscetível a pragas (COBRA NETTO; ACCORSI; MALAVOLTA, 1971)).

A adubação consiste assim no fornecimento adequado dos nutrientes que faltam ao solo e que são considerados essenciais para o desenvolvimento do vegetal, seja a partir da produção direta de alguma de suas estruturas ou mesmo como intermediário em algum mecanismo de seu crescimento. Para que não se corra risco de acrescentar excessiva ou deficitariamente algum nutriente, a análise do solo é um procedimento essencial para que se possa definir quais e em que quantidade os adubos devem ser fornecidos (FAQUIN, 2005). Na composição dos adubos inorgânicos, tem-se como principais fontes de nitrogênio a ureia, sais de amônio e nitratos. Como principais fontes de fósforo, temos os superfosfatos e fosfatos e para o potássio temos os sais de potássio, sendo o cloreto de potássio o mais utilizado (EMBRAPA, 2014).

O pH do solo tem especial importância na fisiologia vegetal, por ser capaz de alterar a capacidade das raízes vegetais de absorverem nutrientes essenciais, ao que chamamos de Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e elementos tóxicos, como alumínio e manganês, que limitam a capacidade radicular de aprofundar-se no solo. Ao aprofundar-se no subsolo, o vegetal tem a sua disposição maior disponibilidade de substâncias para seu desenvolvimento (CAIRES et al., 2002). Os solos podem ser naturalmente ácidos em razão de sua própria composição, podem torna-se em razão da retirada de elementos como K, Ca, Mg e Na, sobretudo pela agricultura; a presença destes elementos contribuem para elevação do pH do solo. Como todos eles são nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal, há a necessidade de que estes elementos sejam repostos no solo, não só com a finalidade de continuar a suprir a necessidade vegetal, mas também para reequilibrar seu pH (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

2.2.3 MATEMÁTICA

A matemática é uma poderosa ferramenta, largamente utilizada pelos mais variados campos dos saberes, servindo para quantificar, comparar e relacionar grandezas. Na aferição do pH, por exemplo, utilizamos a função logarítmica para compactar um número que, via de regra, apresenta expressão significativamente maior. Ao se acompanhar o crescimento de um vegetal ao longo do tempo, pode se expressar um gráfico relacionando tempo e altura. A depender do formato do gráfico, a maneira como as duas grandezas se relacionam, podemos estimar com algum rigor

como estará o tamanho do vegetal com o prosseguimento do experimento, sem que ele de fato conclua. Em ambos os casos, fazemos uso do conceito de função (IEZZI; DOLCE; MURAKAMI, 2013).

Em matemática função é a relação direta entre elementos de dois conjuntos, tal que cada elemento do conjunto X esteja relacionado com um e apenas um elemento do conjunto Y . Se há ao menos um elemento de X que não se relacione com algum elemento de Y , não se pode dizer que há relação entre os conjuntos na forma de função, seja ela de qual natureza for. Se, por outro caminho, um elemento de X está associado a dois elementos de Y , também não se concretiza o conceito de função. Para que uma relação matemática, tipicamente denominada função, seja observada entre dois conjuntos de naturezas distintas (como por exemplo, idade e tamanho do vegetal) é necessária uma associação constante e sempre previsível, pela mesma equação, dos objetos pertencentes aos diferentes conjuntos (IEZZI; MURAKAMI, 2013).

No campo estatístico, a matemática nos apresenta como ferramenta a porcentagem, instrumento por meio do qual podemos avaliar grupos reduzidos e extrapolar o resultado destas análises para grupos maiores ou até infinitos, sem precisar analisar cada objeto individualmente. Pode-se, também, utilizar esta ferramenta para normatizar dados de ordens de grandezas distintas de forma a tornar possível comparar suas variações dentro de um determinado intervalo (IEZZI; HAZZAN; DEGENSZAJN, 2013). Por exemplo, se compararmos o Produto Interno Bruto (PIB) dos EUA com o de outros países, ao longo das últimas décadas, olhando apenas os valores absolutos, estaríamos fortemente inclinados a avaliar que este país vem enriquecendo mais do que qualquer outro. Olhando, no entanto, a evolução temporal do PIB deste e demais países, por uma métrica normatizada como a porcentagem, uma nova informação estaria ao nosso alcance. Alguns dados são apresentados no quadro 1.

Quadro 1: PIB nominal em bilhões de dólares americanos.

PAÍS	PIB 2012	PIB 2013	PIB 2014	PIB 2015
EUA	16.155,250	16.663,150	17.348,075	17.947,000
China	8.471,357	9.518,582	10.430,712	10.982,829
França	2.682,901	2.811,128	2.833,687	2.421,560
Venezuela	331,628	234,264	250,281	239,572

Fonte: (FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL, 2019)

Se analisarmos o PIB americano entre 2012 e 2015, teremos um aumento absoluto de \$ 1.791,750 bilhões; para a China, teremos um incremento de \$ 2.511,472 bilhões; para França, teremos um decréscimo de \$ 261,341 bilhões; e finalmente para Venezuela um decréscimo de \$92,056 bilhões. Para estes valores, possivelmente, concluiríamos que China e EUA tiveram crescimento relativamente próximos, sendo que o primeiro cresceu um pouco a mais. Para França e Venezuela, seríamos levados a crer que França teve uma redução cerca de três vezes maior que a da Venezuela, no mesmo período de tempo.

Entretanto, quando parametrizamos os valores dos PIBs para métrica porcentual, tomamos como parâmetro o valor inicial (ano de 2012) como sendo equivalente a 100% e o comparamos com a variação ao longo dos três anos, assim obteremos como resultado que os EUA cresceram 11%, China 29,7%, a França decresceu 10% e a Venezuela teve queda de 27,8%. Isto é, ao parametrizarmos, percebemos que a China enriqueceu quase três vezes mais que os EUA, enquanto que a Venezuela empobreceu quase três vezes mais que a França no mesmo período. O que, para alguém desavisado, possa parecer truque contábil é na verdade a forma mais apropriada de comparar a evolução de valores, que apresentam ordem de grandeza diferentes entre si.

No trabalho em questão, a porcentagem é utilizada como forma de comparar a eficiência de espaços amostrais distintos; como por exemplo no caso da germinação de sementes novas e velhas, ou em diferentes tipos de solo e diferentes temperaturas.

2.2.4 FÍSICA

O centro de massa pode ser definido como um ponto do objeto que podemos considerar que toda sua massa ali está concentrada, bem como todas as forças que seriam aplicadas sobre este. Sendo nítido que um ponto é uma região infinitesimal e, portanto, adimensional, sendo assim incompatível com a definição de objeto, trata-se de um sofisticado conceito físico capaz de simplificar a solução de problemas reais, sem abrir mão de sua determinação rigorosa. Para objetos de desenho uniforme e composição homogênea, pode-se concluir que seu centro de massa está posicionado também ao centro espacial do objeto. Porém, ao consideramos objetos de forma e/ou composição variável, estaremos diante de uma tarefa mais complexa, a de determinar o seu centro de massa. Para tal, o cálculo diferencial é lançado como ferramenta capaz de considerar a média das infinitas partes do objeto e assim determinar o ponto ao qual estamos nos referindo (HALLIDAY, 2011).

O torque é uma grandeza física pela qual se pode inferir a facilidade e/ou dificuldade em rotacionar um objeto em torno de seu próprio eixo. Para tal, é necessário que uma força seja aplicada sobre o corpo, com ângulo e distância da força em relação ao eixo de rotação diferente de zero. A relação entre as grandezas se dá pela equação 2.

$$T = F \cdot r \cdot \sin \alpha \quad \text{Eq. 2.}$$

Em que: T = torque; F= força aplicada; r = distância entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da força; α = ângulo entre F e r. Como bem podemos observar na equação 2, F e r são grandezas inversamente proporcionais, de modo que para estabelecer o mesmo torque e efetuar a rotação do objeto é necessário tanto menos força quanto maior for a distância entre a aplicação da força e seu eixo de rotação (HALLIDAY, 2011).

Durante o crescimento vegetal, parte significativa fica projetada para fora da terra, ao que chamamos de caule e de folhas. As raízes são importantes para obtenção de nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento do indivíduo: uma maior profundidade destas permite que mais elementos estejam ao seu alcance para desenvolver-se e frutificar. Do ponto de vista físico, as raízes também são importantes para dar sustentação à planta, sem que esta venha a tombar e assim ficar

mais suscetível a predadores. Como o crescimento das raízes é antiparalelo ao da copa, temos um centro de massa próximo o bastante do solo, de modo que o tombamento do vegetal requeira um torque maior sobre sua copa. Se, ao contrário, as raízes não se aprofundassem, mantendo-se superficiais em relação ao solo, o centro de massa estaria mais elevado, tornando menor a força necessária para gerar uma rotação do corpo da árvore, fazendo-a tombar.

3. METODOLOGIA

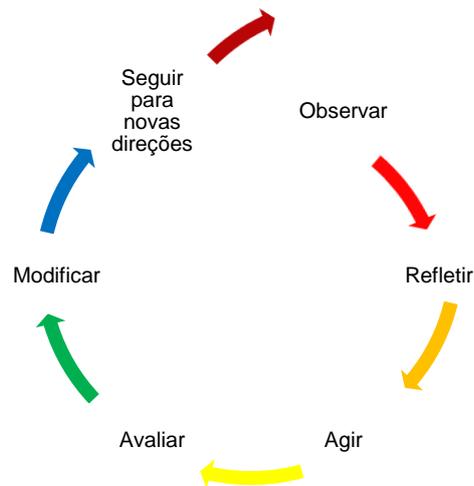
Neste capítulo, apresentamos o caminho metodológico desta pesquisa. Damos ênfase ao contexto escolar, que constituiu os fundamentos deste trabalho, tendo em vista a natureza qualitativa desta pesquisa e a consequente relevância da subjetividade dos sujeitos centrais desta atividade. Também realçamos os instrumentos utilizados na elaboração e na organização das atividades por parte dos docentes. Destacamos, ainda, os mecanismos de levantamento de dados cruciais, tanto ao que tange à reflexão na construção de uma atividade interdisciplinar, como ao rigorosamente necessário para o desenvolvimento vegetal. Ressaltamos as entrevistas semiestruturadas com docentes e discentes acerca da atividade interdisciplinar. Por fim, e não menos importante, salientamos também a estratificação do impacto desta atividade pioneira neste contexto escolar.

3.1 Tipologia da pesquisa

Essa pesquisa é de natureza qualitativa, do tipo pesquisa-ação participante, método escolhido para desenvolver a prática por ser capaz de levar em conta as muitas experiências vivenciadas por docentes e discentes no contexto escolar e, progressivamente, permitir que novas reflexões surjam a partir dos resultados observados pelos pesquisadores, para que assim a prática pedagógica possa ser aprimorada.

Uma significativa dificuldade na consolidação de resultados da pesquisa-ação deve-se ao longo ciclo que constitui tal método; que perpassa pelas etapas a seguir: planejar, agir, observar e refletir para então tornar a planejar. A figura 5 sintetiza o ciclo de tamanho incomensurável da prática que apesar de cíclico não nos leva de volta ao mesmo lugar, mas torna possível um progresso de forma que possamos aprimorar paulatinamente a atividade pedagógica.

Figura 5 - O ciclo da pesquisa-ação



FONTE: Adaptado de (COUTINHO et al., 2009)

Por ser um movimento fluído, contínuo, sem início claro e fim ainda mais deslocalizado, não é difícil de compreender o porquê deste tipo de modalidade de pesquisa ser pouco aceito dentro de muitos programas de pós-graduação. Uma vez que é impossível prever quais conhecimentos serão obtidos ou quais resultados práticos serão alcançados, é comum que este método acabe por ser secundarizado ou construído sob o suporte de outras ferramentas metodológicas mais objetivas. Ausência de previsão acerca do ponto de chegada não significa que é um método inválido, mas que deve ser avaliado de forma global à medida que a evolução da prática (que por diversas vezes pode ser demasiadamente lenta para o padrão da ciência positivista) ocorre (TRIPP, 2005). Neste sentido, TRIPP (2005) nos traz a seguinte analogia:

Isto me parece semelhante aos automóveis: ninguém contesta o fato de que eles são uma modalidade razoavelmente confiável de transporte pessoal, mas isso não quer dizer que são sempre adequados, que não colidem, que não quebram, que não são mal dirigidos e assim por diante. Quando ocorrem essas falhas, isso não significa fracasso do automóvel como tal, mas sim de um determinado automóvel, usado para um determinado propósito, dirigido por uma determinada pessoa e assim por diante. Penso que o mesmo acontece com a pesquisa-ação (TRIPP, 2005, p. 462).

3.2 O perfil dos estudantes

Para desenvolvimento da atividade, um grupo foi formado com estudantes de todas séries do Ensino Médio; a escolha foi feita inicialmente com base no engajamento dos alunos, em aulas voltadas para o método newtoniano-cartesiano,

segundo a habitual prática escolar. Inicialmente, alguns dos alunos recusaram o convite, enquanto que outros, ao saber da prática pedagógica, pediram de forma espontânea para participar do projeto; cabe ressaltar que para os estudantes a prática tratava-se de uma pesquisa para expansão da variedade de cultivares da horta escolar. Para eles, estávamos apenas pesquisando os fatores a serem considerados no desenvolvimento vegetal, adaptação as condições locais e outros fatores típicos de um planejamento de lavoura em larga escala, mas que não havia sido adotado quando da fundação da horta escolar.

Alguns dos estudantes inicialmente convidados e que aceitaram participar do projeto, também ao longo dele, decidiram sair por motivos particulares; dos que fizeram parte do projeto do início até sua fase final, tivemos um total de 10 (dez) estudantes, representados neste trabalho por nomes fictícios, designados por eles mesmos, a fim de preservar suas identidades. Destes, 6 (estavam) estavam no primeiro ano do Ensino Médio, 2 (dois) no segundo ano e 2 (dois) no terceiro ano.

3.3 O perfil dos Professores

Na formação do grupo de professores a participarem deste projeto, foi utilizado o critério de engajamento particular de cada professor, no processo educacional, a relação interpessoal do grupo e a disposição em participar de atividades que fugissem da rotina da educação tradicional. Entre os professores, um era professor de física, que chamamos por Walker; um de biologia, Clodoaldo; dois de química (entre os quais se encontra o autor), sendo o outro citado como Guerreiro e uma professora de matemática, denominada Themis. Os professores também foram apontados neste estudo com codinomes, a fim de preservar suas identidades.

3.4 Mapas Conceituais

A dominação da prática escolar pelo paradigma newtoniano-cartesiano trouxe, como discutimos na introdução deste trabalho, muitos avanços educacionais. Contudo, percebemos, com o passar do tempo, os prejuízos de nortear a educação apenas por este paradigma (BEHRENS, 2011). Neste sentido, uma série de ferramentas e práticas começaram a ser estruturadas, a fim de corrigir este problema.

As práticas, na intenção de evitar que estes problemas pudessem surgir nas próximas gerações (CARDOSO, 1995) enquanto que as ferramentas, no sentido de minimizar os efeitos negativos, já causados pela fragmentação dos saberes. Como um exemplo de ferramentas, temos justamente os mapas conceituais. Aqui, eles foram justamente utilizados como forma de estruturar as conexões dos saberes, para os professores, a fim de que estes pudessem melhor assimilar as atividades que precisavam ser construídas de forma interdisciplinar (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Mapas conceituais tem sido largamente utilizado com três objetivos na educação, quais sejam: instrumento didático, avaliativo e de análise e planejamento de atividades. Sendo os dois primeiros direcionados ao estudante e o último ao(s) professor(es). Utilizado como instrumento didático, o mapa conceitual pode ajudar estudantes na organização hierárquica de conteúdos aprendidos ao longo de um ano letivo ou mesmo disciplina. Isto é possível graças ao poder de sintetizar conceitos, ensinados de forma aparentemente difusa ao longo de um curso, em imagens curtas, objetivas e simples de compreender, quando se assimilou cada um de seus conceitos isoladamente. Como instrumento avaliativo, eles podem ser úteis à medida em que distribuídos conceitos soltos, o estudante pode organizá-los de forma hierárquica, a fim de demonstrar a profundidade de seus conhecimentos acerca dos conceitos e de suas relações. Por fim, na forma de instrumento de planejamento de atividades, ele tem o potencial de estruturar o ciclo de atividades fragmentadas que irão compor o todo da formação, de modo que o professor não se perca entre seu ponto de partida e seu objetivo final do curso. Isto se torna especialmente relevante quando o curso é composto por múltiplos conceitos a serem desenvolvidos e longa duração das atividades, a partir das quais se espera obter a integralização da faculdade (aqui, no contexto de saberes necessários a uma formação) (MOREIRA, 2006). Neste trabalho, utilizar-nos-emos da terceira modalidade de aplicação dos mapas conceituais aqui elencada.

Conforme o cultivo do feijoeiro e suas atividades conexas foram sendo realizadas, iniciamos a construção contínua de um mapa conceitual para clarificar as relações hierárquicas dos saberes disciplinares que estavam, aparentemente, dissociados, ao passo que delimitávamos a extensão do trabalho. A construção cuidadosa de um mapa conceitual é capaz de elevar um conhecimento mecânico, conhecido pela repetição maçante de conceitos e fórmulas para solução de problemas

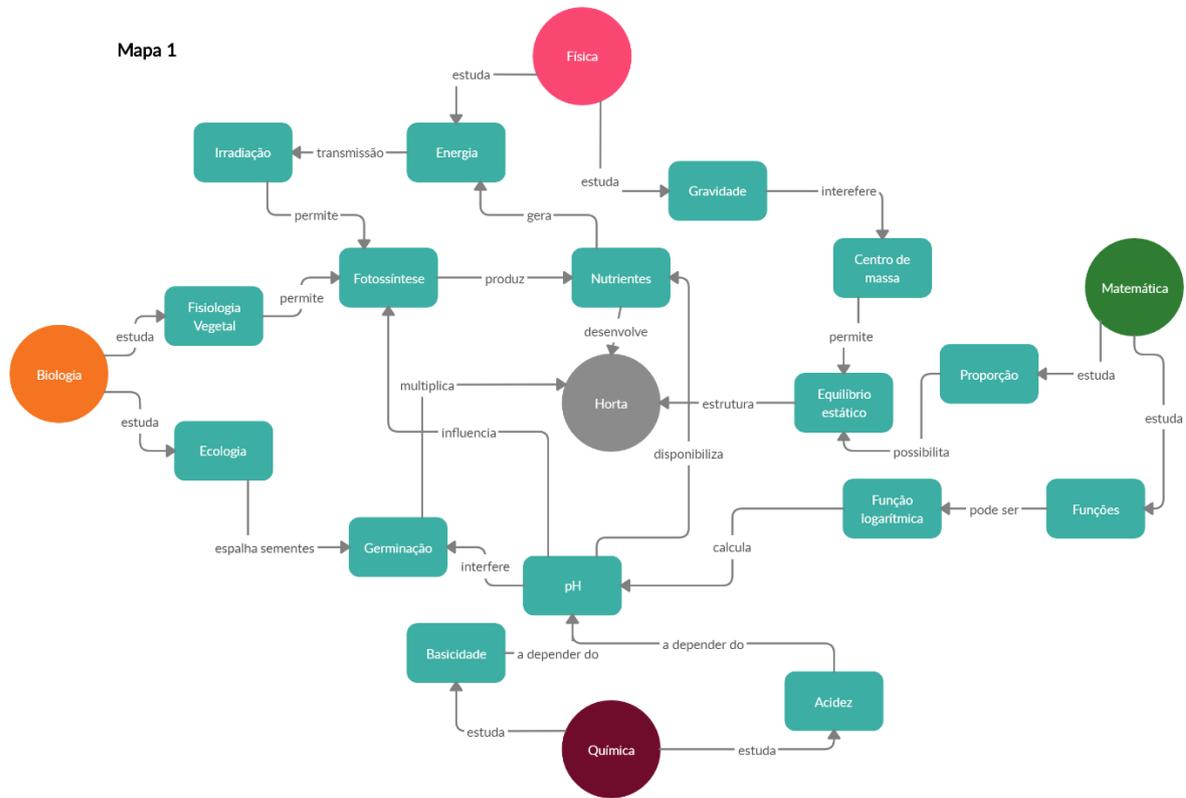
genéricos, ao patamar de um aprendizado significativo. Com seu auxílio, é possível enxergar, em problemas cotidianos reais da sociedade, uma gama de soluções sedimentadas nos saberes disciplinares desenvolvidos ao longo da vida acadêmica. Permitindo que professores possam enxergar de forma mais nítida as relações entre os conceitos de sua disciplina com os das demais. No caso deste projeto, propriamente dito, ajudando a estruturar de forma efetiva nas mentes dos professores o caminho que individualmente e coletivamente devem seguir para que o feijoeiro cumpra o seu propósito: o de colaborar para que o pensamento complexo seja alcançado por toda nossa comunidade escolar. Porque ninguém ensina bem aquilo que não consegue compreender perfeitamente (NOVAK; CAÑAS, 2010).

A métrica utilizada para inserção dos conteúdos no mapa foi baseada na presença e pertinência nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco, filtrados através da reflexão e do debate entre os professores envolvidos na prática, em reuniões de planejamento da atividade, de modo que a lista de conteúdos fosse viável e oportunamente trabalhada com os estudantes. Em reuniões de planejamento das ações entre os professores, delimitamos alguns tópicos disciplinares para que suas relações entre si e com a cultura do feijoeiro fossem estabelecidas, ao passo em que estavam enquadradas aos conteúdos programáticos obrigatórios para este nível de ensino no estado de Pernambuco. Posteriormente, com o aparecimento de alguns fenômenos inesperados e considerados relevantes na cultura do feijoeiro, bem como para a concretização de aprendizagem destes saberes, novos conceitos foram sendo inseridos em um mapa bidimensional.

Segundo Moreira (2006), a construção dos mapas conceituais deve ser orientada de forma hierárquica, de cima para baixo, do conceito mais geral para os mais específicos. Aqui, nos permitimo-nos ousar, do ponto de vista epistemológico, dos mapas conceituais, a fim de privilegiar o pensamento holístico de docentes e discentes. Neste sentido, adequamos o desenho do mapa a tipologia de interdisciplinaridade aplicada nesta pesquisa e apresentada de forma sintetizada na figura 6, optamos por uma diagramação não convencional em mapas conceituais, ao centralizar a horta em nosso mapa, ao invés de colocarmos na porção superior como esta técnica se fundamenta. Nossa ideia aqui é a de que as disciplinas partem de suas individualidades até a horta, ao passo em que dialogam com suas vizinhas. Desta maneira, o cultivo de feijoeiro se estabelece como gerador do pensamento

interdisciplinar e justificativa central das ações compartmentalizadas dos professores, atuando em sala de aula ao longo do ano letivo.

Figura 6 - Mapa conceitual inicial



FONTE: autoria própria

3.5 O plantio

O cultivo do feijoeiro se deu inicialmente nas segundas e quintas-feiras à tarde, sempre no contraturno escolar. As atividades de implantação da horta experimental ocorriam por aproximadamente 3h a cada encontro. Uma vez que elas já estavam implementadas e precisávamos apenas fazer a manutenção (rega, adubação, medições, etc,) tivemos a redução dos encontros na horta para apenas uma vez por semana, normalmente nas quintas-feiras. As atividades disciplinares com os professores permaneceram ocorrendo durante todo o projeto, conforme horário escolar. Serviram assim como suporte para as atividades interdisciplinares. Os experimentos com os feijoeiros ocorreram por cerca de um ano, entre o fim de 2018 e 2019. Este tempo nos permitiu repetir

vários ciclos do feijão, observando inclusive a influência das estações sobre o desenvolvimento vegetal.

O ciclo do feijão prestou-se como suporte ao desenvolvimento da atividade interdisciplinar em razão deste ser um fenômeno complexo, isto é, que não se permite esgotar pelo olhar unidimensional de qualquer disciplina. Seu processo de germinação da semente envolve osmose, sendo este um fenômeno químico e biológico, no qual água é absorvida pela semente para propiciar sua germinação. Não obstante, a estruturação morfológica do vegetal adaptou-se a leis físicas como a gravidade, para sobrevivência da espécie aos ataques de predadores. A matemática, enquanto ferramenta, permitiu mensurar e comparar o impacto de propriedades físicas (incidência solar, centro de massa...), químicas (pH, presença de sais minerais no solo...) e biológicas (relações ecológicas interespecíficas, transmissão de características genéticas...) no desenvolvimento do vegetal. Ao passo em que todos estes pressupostos disciplinares impactavam seu ciclo, professores foram impelidos a pensar em contribuições de suas especialidades para otimizar a prática interdisciplinar. Mas, como nenhuma delas era capaz de sozinha esgotar a compreensão do fenômeno em questão, foi necessário construir pontes que permitissem integrar os saberes, a fim de que novas possibilidades pudessem surgir. A partir deste propósito, foi possível estabelecer uma atividade complexa, que conduziu professores e estudantes a atuar de forma interdisciplinar, a fim de melhor compreender o ciclo do feijoeiro (POMBO, 2006a).

A mediação do autor desta pesquisa se deu essencialmente no planejamento das atividades com os professores. Estabelecendo os objetivos da pesquisa, foi possível que os docentes fossem ajudando no planejamento das intervenções na horta e modificando seus próprios planejamentos de aulas de forma a dar, em sala, suas contribuições disciplinares para o projeto. Desta forma, foi possível a construção das partes necessárias à edificação da interdisciplinaridade. As atividades na horta dividiam-se em duas etapas: a teórica, em que costumavam ter uma temática central a ser abordada pelos professores que colaboravam alternadamente com o suporte teórico, e a prática, em que era executado aquilo que a primeira parte havia explicado ser necessária.

Como nenhum dos participantes tinha propriedade no cultivo de hortas orgânicas, foram realizadas leituras iniciais de artigos científicos e manuais técnicos da Embrapa. Nestas leituras, os estudantes debatiam entre eles, com direcionamento dos professores, como forma de assimilar melhor seus fundamentos.

3.6 Instrumentos de recolha de dados

Como forma de avaliar os resultados da ação, pilar fundamental da pesquisa-ação participante, elaboramos uma entrevista semiestruturada (a qual apresentaremos nos resultados e discussão desta dissertação), a fim de que pudéssemos avaliar a prática pedagógica (ver figura 5, na página 53, o ciclo da pesquisa-ação,) desenvolvida conjuntamente pelas disciplinas de ciências exatas e da natureza neste contexto escolar. Devido à sua característica pessoal, a entrevista permite ao pesquisador estratificar de forma singular o impacto cognitivo da prática pedagógica sobre cada um dos participantes, quer seja docente ou discente. O caráter subjetivo do sujeito, típico do paradigma norteador das pesquisas sociais (adotado por este trabalho), torna essencial este tipo de coleta de dados.

Ainda que diferentes pesquisadores repetissem a entrevista com os mesmos pesquisados, certamente haveríamos de ter resultados distintos; isto se dá porque o objeto em análise também é fruto da interação única que se estabelece entre entrevistador e entrevistado. Ainda que o mesmo pesquisador pudesse repetidamente exercitar a referida entrevista com os mesmos sujeitos, ainda sim os resultados não seriam idênticos e, portanto, fidedignos tal como seria na pesquisa quantitativa (isto é, representar acurácia do objeto medido em razão do instrumento utilizado). Isto é especialmente verdade, uma vez que nada pode parar ou fazer retroceder a marcha da significação² inerente à mente humana. Esta característica personalista não invalida este método, mas lhe exige uma nova métrica para validação de seu diagnóstico; é neste contexto em que se torna relevante a riqueza de detalhes na descrição, se possível até

² Significação aqui é retratado no contexto Lacaniano, onde a compreensão do objetivo é subjetiva ao idealizar inconsciente do sujeito, amplamente arraigado em suas experiências pessoais singulares e pré-existentes a pesquisa (FERREIRA, 2002).

que o leitor possa sentir-se parte do grupo de pesquisa, tamanha a exuberância descritiva da pesquisa qualitativa. Assim, é possível transmitir a confiança à comunidade científica em uma realidade em que a reprodutibilidade *ipsis litteris* é uma grande utopia (MOREIRA, 2011) (LÜDKE; ANDRÉ, 2017).

As entrevistas com os estudantes foram realizadas após encerrarmos as atividades com o feijoeiro. Elas foram executadas sempre de forma individual e gravadas na forma de áudio, para que pudessem ser fielmente transcritas. Apenas um dos estudantes não pôde estar presente no dia marcado para entrevista e por isto não o entrevistamos. Foi pedido a cada estudante que não comentasse com seus colegas o teor das perguntas e respostas, até que todos tivessem sido entrevistados, a fim de que não fosse comprometida a espontaneidade das respostas e tampouco um discente acabasse internalizando o pensamento de um colega como sendo seu. Para tal, realizamos as entrevistas em reservado na sala dos professores da escola, de tal forma que a entrada e a saída dos estudantes ocorresse por portas diferentes, impedindo-os de se encontrar até o fim da intervenção.

Abaixo, sintetizamos as perguntas que foram realizadas aos estudantes na forma de entrevista. Cabe salientar que a linguagem foi eventualmente alterada em razão da discrepância no estágio de formação dos discentes. Enquanto uma das estudantes já se encontrava finalizando o 1º ano do Ensino Superior, outros ainda estavam finalizando o 2º ano do Ensino Médio. Eventualmente, foram necessárias algumas explicações pontuais e singulares para que o estudante pudesse compreender corretamente o sentido da pergunta e o que se pretendia fazer pensar. Também fizemos alguns questionamentos oportunos a depender das respostas produzidas nestas perguntas padrão; as respostas que eventualmente surgiram como relevante estão inseridas no contexto das questões geradoras.

1. Você já pensou sobre a importância dos conteúdos estudados na escola? Você consegue utilizar estes assuntos no seu dia a dia?

2. Por que os assuntos da escola são ensinados em disciplinas, por matéria?

3. Como você acha que seria se um único professor tivesse que ensinar várias disciplinas para mesma turma?

4. Quando você aprende algo fora do contexto escolar, estes conteúdos são ensinados por pedaços ou de uma vez?

5. Se você estivesse em uma ilha isolada, onde as pessoas começassem a morrer de forma repentina e desconhecida. Quais profissionais você chamaria para tentar solucionar o problema?

6. Você aprendeu alguma coisa durante o desenvolvimento da horta?

7. Os conhecimentos aprendidos na horta têm alguma relação com os conteúdos aprendidos na escola?

8. Seria possível que a escola ensinasse apenas através de projetos, sem as aulas das disciplinas? Por quê?

Com estas perguntas, esperávamos inferir como o discente compreende a dinâmica tradicional de ensino nas escolas atuais, o projeto do qual participaram, a relação entre estas duas modalidades de aprendizagem, suas visões acerca da fragmentação do saber e de sua complementaridade.

De modo semelhante ao que foi feito com os estudantes, também replicamos com os professores, no que tange à individualização da entrevista e ao pedido de sigilo temporário acerca de seu teor. A seguir, apresentamos as perguntas que nortearam as entrevistas, semelhantemente ao ocorrido com discentes.

1. Em sua visão, há alguma relação entre as disciplinas escolares de química, física, matemática e biologia? Se sim, de que maneira?

2. Considerando que há 2 mil anos não havia divisão disciplinar do conhecimento e que em algum momento os saberes foram separados em áreas do saber. Você tem alguma ideia de o porquê destes conhecimentos serem repartidos?
3. Ao longo de sua vida profissional, você teve contato com os termos multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar? Sabe diferenciá-los?
4. Observando a figura 4 (ver na página 40), é possível associar as imagens aos conceitos multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar? Por quê?
5. Em relação às aulas temáticas desenvolvidas na escola, em qual categoria eles se enquadram na sua opinião?
6. Em relação à horta desenvolvida na escola, em qual categoria eles se enquadram na sua opinião?
7. Em relação às feiras de ciências desenvolvidas na escola, em qual categoria elas se enquadram na sua opinião?
8. Em qual destas três atividades você enxerga maior interação entre as disciplinas?
9. Quais disciplinas seriam necessárias para compreender todo o cultivo da horta?
10. Quais tópicos de cada matéria você visualiza?

Com esta entrevista, objetivávamos inferir como os docentes, que participaram do projeto, enxergavam os saberes e sua compartimentalização em disciplinas e suas relações. Também buscamos compreender qual a percepção deles acerca da multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, no processo de ensino-aprendizagem que eles vivenciaram antes e durante o projeto com o feijoeiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, neste capítulo, iremos relatar as atividades desenvolvidas com os estudantes e os professores no cultivo do feijoeiro, as quais denominamos como sendo de viés experimental, uma vez que nos concentramos em fazer análises quase sempre objetivas e de cunho quantitativo do desenvolvimento do feijão. Ao passo em que iremos relatando o que foi feito no cultivo do feijoeiro, iremos levantar quais conteúdos disciplinares buscamos trabalhar em cada conceito prático desta atividade de ensino e pesquisa. Porque, a partir destes dados disciplinares, será possível conceber o todo e assim estabelecer uma atividade holística.

Em um segundo momento, passaremos a apresentar os levantamentos realizados nas reuniões com os professores que participaram ativamente desta atividade, as discussões suscitadas nestes encontros e eventuais ações relevantes para prática proposta nesse trabalho.

Por fim, iremos apresentar os dados coletados na entrevista semiestruturada, tanto com docentes como discentes, ao passo em que as analisamos para que pudéssemos finalizar o ciclo da pesquisa-ação participante apresentado, na Figura 5 (ver na página 53,) e reiniciarmos a partir das atividades que extrapolaram este texto.

Uma vez que a temática, cultivo de feijoeiro, foi sendo desenvolvida, fora da sala de aula, tivemos professores e estudantes vivenciando a construção do saber científico sem considerar necessariamente sua fragmentação em partes, tal como em livros ou aulas tradicionais. Uma vez que todos concentraram-se em um fenômeno de maior complexidade, em que conceitos de uma disciplina são insuficientes para compreender o todo, o pensamento sistêmico, capaz de fazer confluir as ferramentas já desenvolvidas em sala de aula, pode ser percebido. Por extrapolação do pensar disciplinar, esperávamos que todos pudessem enxergar que a natureza não se permite compartimentalizar dentro de uma caixa, aprisionada a um conjunto de conceitos disciplinares (ESTEVES VASCONCELOS, 2002).

Cultivando o feijoeiro, durante seu ciclo completo, pôde-se inferir a necessidade dos múltiplos olhares científicos, capazes de se complementar e em alguns pontos se sobrepor, a fim de montar o quebra-cabeça, que é a natureza e sua arquitetura de natureza paradigmática complexa, e assim melhor compreendê-la. A etapa da

germinação, o fornecimento de água e nutriente pelo solo e adubação, o controle luminoso, o direcionamento de seu crescimento em virtude da luz, a produção de flores, a polinização destas por insetos, o aparecimento e desenvolvimento de vagens, todos são fenômenos capazes de alertar acerca da relevância do pensamento interdisciplinar para compreensão do mundo real, que não se limite às fronteiras das disciplinas, mas que vá além, e seja capaz de captar a essência do novo que surge a partir da intercessão dos saberes científicos: a *quintessência* do saber (CAPRA, 1996).

4.1 O cultivo do feijoeiro

Inicialmente, colocamos os feijões para germinarem em mantas de algodão umedecido, e com o passar de 4 dias, percebemos que a limitação de espaço reduzia a taxa de germinação dos grãos. Transplantamos estes feijoeiros recém germinados para os vasos que foram produzidos mediante reciclagem de garrafas PET de 2L, todas na coloração verde e com 2L de volume a fim de que pudéssemos ter uma mínima padronização. Os vasos foram preparados por corte de sua porção superior, cerca de 10cm a contar da tampa, perfuração do fundo com uma chave de fenda aquecida com uma vela e seu preenchimento, com camadas de brita e areia de construção, a fim de proporcionarmos um mecanismo de escoamento de água semelhante ao solo natural. Após o preparo inicial dos vasos, etiquetamos numericamente todos. Em seguida, começamos a preencher todos os 19 vasos preparados com uma mistura de terra composta por 3 partes de terra vegetal da empresa estação das flores (composta por terra, esterco bovino decomposto e carvão vegetal triturado em proporções que o fabricante não nos revelou).

Ao longo desta etapa, um dos estudantes observou que apesar de todas as garrafas serem de 2L e terem sido cortadas aproximadamente a mesma altura em relação à sua tampa, elas apresentavam formatos distintos, o que produzia significativa diferença do volume de terra em cada vaso. Nesta etapa, os estudantes foram questionados sobre como poderiam equacionar o volume de terra disponível para todas as plantas, de modo a eliminar, ao menos em princípio, esta variável. Várias sugestões foram dadas, dentre as quais, a que

mais nos chamou a atenção foi a sugestão do aluno Michael de supor que as garrafas eram cilindros e calcular seu volume teórico com base nas medidas de diâmetro e altura. Neste momento, a professora de matemática fez uma intervenção, *in locus*, de modo a conceituar a ideia, uma vez que estudantes do 1º ano, que participavam do projeto, não haviam ainda estudado tal assunto, normalmente abordado no 2º ano do Ensino Médio.

Após todas as medições e cálculos, concluímos que a garrafa de menor volume era a de número 13 e por sugestão do professor Guerreiro acabamos por utilizá-la como padrão volumétrico para preenchimento dos demais vasos, ao passo em que também validávamos a equação volumétrica apresentada pela professora Themis e lembrada pelo estudante Michael, uma vez que, sendo o vaso de menor volume, nenhum outro vaso poderia ser transbordado ao ser preenchido com a terra contida nele.

Como forma de reduzir a acidez natural do solo e observar seus efeitos sobre o desenvolvimento do feijoeiro, preparamos uma farinha, a partir da casca de ovos, rica em carbonado de cálcio; fizemos a coleta de cascas produzidas pela própria cozinha escolar, lavamos em água corrente para uma remoção grosseira dos resíduos orgânicos do ovo. Em seguida, colocamos no forno escolar na temperatura de 350 °C por cerca de 15 minutos. Ao serem removidas, as cascas de ovos apresentavam característica seca e quebradiça, sendo facilmente transformados em uma fina farinha, a partir do seu processamento em um liquidificador caseiro. Neste momento, foi questionado aos alunos se teriam ideia do motivo da trituração antes de sua utilização no solo. Eles não conseguiram alcançar nenhuma resposta satisfatória, ao passo em que projetamos uma experiência demonstrativa (reação de vinagre com a casca do ovo e observação da velocidade de formação das bolhas) apresentada mais à frente para que o conceito de superfície de contato pudesse ser lembrado, para os alunos do 2º e 3º anos e para que pudessem ser estruturados pelos estudantes do 1º ano.

Inserimos sulfato de alumínio (adquirido em loja de produtos químicos não analíticos) em seis vasos e farinha de casca de ovos em outros seis, além de trabalhar com seis outras amostras que não tiveram adição de material extra sendo assim nosso

branco³. As adições dos sais foram feitas em duas dosagens: uma dose (copo de cafezinho, 50mL, validados na proveta volumétrica) em três amostras e ½ dose nas outras três amostras. Nas amostras 1 a 3, foram adicionadas 1 dose de sulfato de alumínio. Nas amostras 4 a 6, foram adicionadas ½ dose do mesmo sal. O estudante Roberto observou que a água da rega escorria rapidamente nestes recipientes, contendo sulfato, em comparação com as demais amostras. Nas amostras 7 a 9 e 17 a 19, nenhum sal foi adicionado, servindo assim como nossas amostras de controle. Nas amostras de 10 a 12, foram adicionadas 1 dose de farinha de casca de ovo desidratada. Nas amostras de 14 a 16, foram adicionadas ½ dose de farinha de casca de ovo desidratada.

Após o preparo inicial dos vasos ainda sem as mudas, passamos a produção da atividade voltada para construção do conceito de superfície de contato. Colocamos 250mL de vinagre em duas garrafas de água mineral, com 500mL de capacidade volumétrica cada; adicionamos na garrafa 1, as cascas apenas quebradas e na garrafa 2 a farinha de casca de ovo. Tínhamos por objetivo demonstrar aos alunos que a superfície de contato interfere na velocidade das reações químicas e isto seria relevante no processo de absorção dos nutrientes pelos feijoeiros, razão pela qual utilizamos cascas trituradas no solo. O produto desta reação, o acetato de cálcio, foi adicionado na forma de solução aquosa aos vasos 17 a 19. A casca de ovo é constituída por cerca de 90% de CaCO_3 (RODRIGUES, 2017), entretanto sua baixa solubilidade em água reduziria significativamente sua disponibilidade no solo, tornando sua absorção insatisfatória por parte do feijoeiro.

Ao reagir o carbonato de cálcio (CaCO_3) com o ácido acético (CH_3COOH), produzimos acetato de cálcio, um sal também capaz de gerar pH básico, porém significativamente mais solúvel e, portanto, mais facilmente disponível para o vegetal. As bolhas produzidas na reação, fruto do desprendimento de gás carbônico (CO_2), foram utilizadas como parâmetro para observar a velocidade e o fim da reação. Após a reação ser findada, filtramos o conteúdo das duas garrafas com papel filtro para café e adicionamos uma

³ Branco aqui no sentido de imaculado, intocado, sem intervenções.

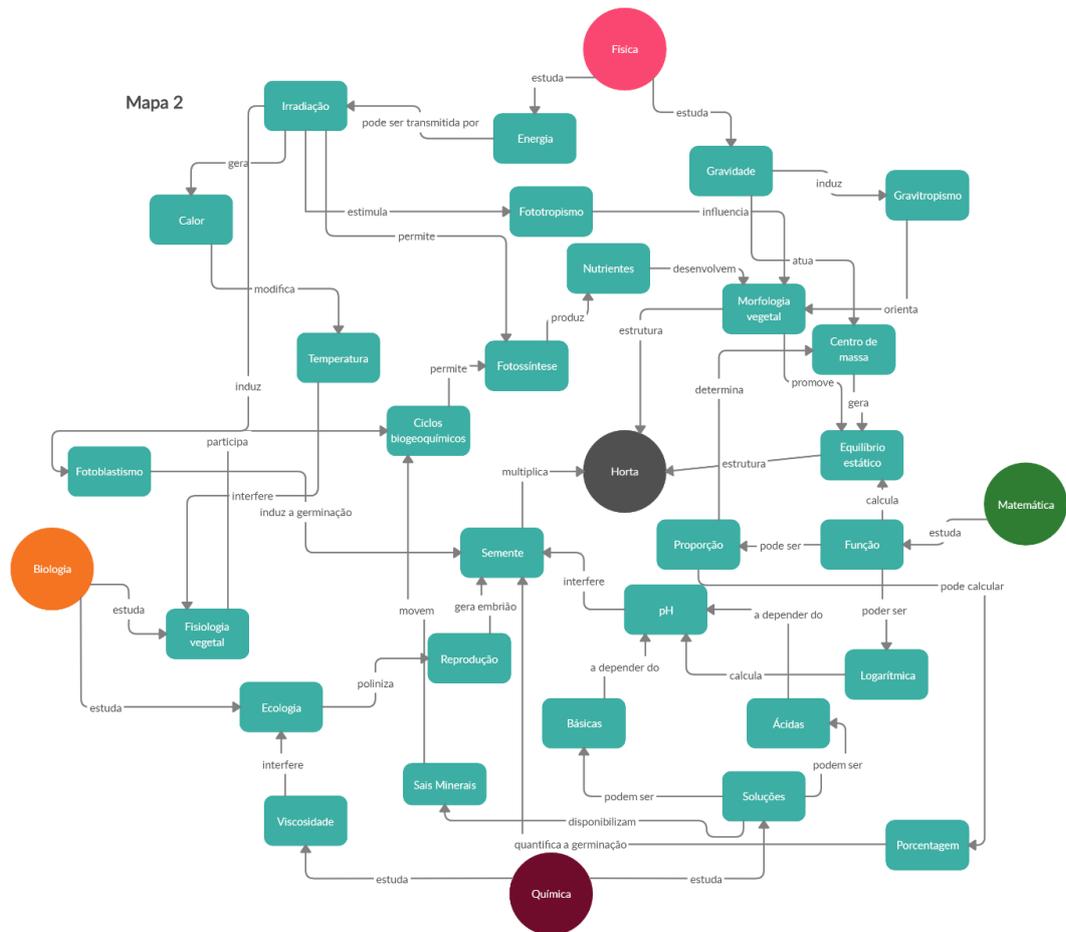
dose (50mL) em cada um dos vasos restantes (do 17 ao 19). Os vasos foram regados diariamente com 200mL de água por dia, divididos em dois turnos. Esperávamos assim observar a diferença do pH no solo com o passar das semanas, bem como alguma diferença no desenvolvimento vegetal.



Quatro dias após a dispersão dos sais no solo dos vasos, fizemos o transplante das mudas para terra, adotando como critério de escolha o grau de desenvolvimento das amostras. Assim, as mais desenvolvidas foram plantadas no solo para que pudéssemos aumentar nossa chance de sucesso com o experimento, uma vez que pode ocorrer de alguma muda não sobreviver ao processo de transplante, sobretudo quando há contato com suas raízes. As mudas que sobraram foram plantadas no solo a fim de que pudéssemos também acompanhar e comparar qualitativamente seu desenvolvimento em um terreno sem preparo algum para o cultivo. Esperávamos, a princípio, que devido à ausência de adubação e granulometria adequada do solo seria decisivo para que os feijoeiros ali plantados não prosperassem.

Observamos, entretanto, uma mortalidade prematura total dos feijoeiros, iniciada um dia após o transplante e finalizada após sete dias. Optamos assim pela germinação na terra, bem como a suspensão dos aditivos salinos a fim de investigarmos as possíveis causas para mortandade dos feijoeiros. Para nossa surpresa, as mudas transplantadas para o solo sem absolutamente nenhum preparo ou adubo permitiu o desenvolvimento do vegetal com muito mais vigor, alcançando, no entanto, baixa produtividade de vagens. Isto nos acendeu o alerta de que o problema não estaria na composição do solo em si. Com o vivenciar da prática, por imposição da natureza, novos conceitos científicos foram impondo seu protagonismo em nossas observações, dentre eles: viscosidade, soluções, sais minerais, ecologia, porcentagem, calor, temperatura e muitos outros. A evolução na quantidade destes conceitos pode ser percebida comparando-se o mapa conceitual produzido no início (Figura 6, página 57) com o do final desta dissertação (figura 7).

Figura 7 - Mapa conceitual crescendo conforme a horta era desenvolvida



FONTE: autoria própria

Por ocasião da elevada taxa de mortalidade dos feijoeiros, reiniciamos a germinação com 70 novas sementes, desta vez diretamente na terra preparada para plantio, a fim de evitarmos o manuseio de suas raízes, propagação de micro-organismos patogênicos e a mortandade das mudas novamente. As sementes foram colocadas para germinar em copos plásticos descartáveis, furados ao fundo (para escoamento do excesso de água,) utilizando clipes de papel metálicos aquecidos, para derreter o plástico e facilitar a perfuração. Preenchemos com terra vegetal, sendo regados diariamente. Observamos que após quatro dias tivemos um total de oito amostras (cerca de 11%,) germinando (todas de uma mesma região espacial de nosso local de pesquisa) e por mais uma semana, não obtivemos nenhuma nova eclosão. Inferimos assim que, no local das amostras que germinaram, tínhamos menor incidência solar, em razão do sombreamento provocado pelas paredes do local.

Cogitamos inicialmente que a maior incidência solar estaria reduzindo o tempo de exposição da semente ao solo úmido, condição primordial para eclosão da semente, e passamos a regar com maior frequência (três vezes ao dia) as amostras expostas ao sol por mais duas semanas sem, no entanto, nenhum resultado observável (DUARTE et al., 2013). Modificamos a posição dos copos para o lado de menor tempo de exposição solar e continuamos sem obter nenhum novo resultado.

Decidimos, então, semear novamente os copos não germinados, colocando-os desta vez na região de menor incidência solar. Observamos a germinação de 34 das 62 amostras plantadas (cerca de 55%), bem superior ao que tínhamos obtido inicialmente. Concluímos assim que, de alguma maneira, o excesso de exposição solar estava matando o embrião, visto que nem mesmo seu reposicionamento em relação à exposição solar era capaz de permitir sua germinação. A esta altura, notamos o maior crescimento das folhas de feijoeiros, plantados ao chão, que estavam próximo à parede, à sombra, bem como uma intensidade maior na coloração verde da folha.

Neste momento de observação, os alunos foram questionados, mas não obtivemos assim nenhuma explicação plausível. O professor Clodoaldo fez uma breve explanação acerca de como a coloração verde é atribuída à presença da clorofila na botânica, e entendemos, então, que era um mecanismo evolutivo da planta. Como a luminosidade é menor na sombra, coube a planta expandir sua área superficial para incidência da luz e assim aumentar o nível de captação luminosa total e por área, a partir do aumento da densidade de clorofila na folha. Os feijoeiros expostos diretamente ao sol por todo o dia desenvolveram folhas menores e com coloração mais claro, aproximando-se do amarelo. Também foi possível observar significativa diferença entre a quantidade de raízes, sendo significativamente maior no caso dos feijoeiros, que se desenvolviam na sombra. Aqui, os próprios alunos levantaram como explicação a quantidade e tamanho das folhas, sendo necessário mais água e nutrientes para esta planta se manter em desenvolvimento.

Também introduzimos nos testes sementes com idades de embalagem diferente, sendo um lote datado em 19/07/2018 e outro lote datado em 28/11/2018. Isto nos ocorreu devido à idade significativa das sementes e à baixa taxa de germinação. Como estes experimentos, foram desenvolvidos em dezembro de 2018,

tínhamos uma semente recém colhida, enquanto que a outra já apresentava cerca de 5 meses de embalada. Buscávamos com este teste observar se a idade da semente interferiria de alguma forma no desenvolvimento do embrião. Nestes testes, mantendo todas as condições iguais, observamos taxas de germinação bem diferentes, sendo 18 germinações em 25 amostras (o que alcança 72%) das sementes mais jovens, enquanto que nas amostras mais velhas tivemos 9 germinações em 25 amostras (o que alcança 36%). Com o resultado deste teste, passamos a adotar apenas as sementes mais jovens, para germinação dos novos feijoeiros nos demais testes, uma vez que estas apresentavam taxa de germinação mais elevada que o primeiro lote e ajudavam a manter o foco dos alunos sobre o ciclo completo das mudas e não apenas sobre sua germinação.

Em razão de nossa desconfiança de que a retenção de umidade poderia estar interferindo no desenvolvimento vegetal, introduzimos britas no topo do vaso, a fim de aumentar a retenção hídrica. Esta prática é largamente utilizada em jardinagem; seja com o uso de argila expandida, galhos secos e uma variedade de outros materiais (LIMA et al., 2009). Poucos dias depois, todas as amostras de menor altura estavam mortas. A partir daí, o professor de Física levantou a questão da conversão da radiação solar de visível e Ultravioleta para Infravermelho e Micro-ondas, radiações com potencial para aquecer materiais e elevar sensivelmente a temperatura. Neste momento, o professor pôde discutir com os estudantes e demais professores um pouco sobre radiações eletromagnéticas, enfatizando sua natureza, interação com a matéria em razão de seu tipo e sua importância, inclusive no processo de fotossíntese.

Neste momento, também, o professor Guerreiro levantou a questão das variadas cores de folhas. Há plantas com folhas vermelhas, por exemplo, cujo núcleo fotossintético não está baseado na clorofila e não absorve o mesmo comprimento de onda que as plantas convencionais. Discutimos sobre o uso de refletores em jardins urbanos, se teria potencial de ampliar o tempo de fotossíntese vegetal ou se apenas função estética, além das situações em que cada um seria possível. A partir desta reflexão, concluímos que seria necessário um estudo a parte, para se verificar qual seria a melhor forma de realizar a cobertura do solo para o nosso contexto. Assim, acabamos por abandonar temporariamente a aplicação da brita e não buscamos a substituição deste material.

Com os resultados discrepantes das germinações, e sem podermos utilizarmos do recurso anteriormente citado, começamos a buscar outro mecanismo capaz de influenciar na umidade do solo, parâmetro que poderia interferir na eclosão dos embriões. Uma das soluções proposta foi a construção de vasos autoirrigáveis, capazes de manter o solo permanentemente com a mesma umidade, exigindo uma manutenção mínima, com intervalo de cerca de uma semana. A construção consistiu em cortar duas garrafas, uma na forma de vaso e outra na forma de suporte e reservatório de água. Entre os dois vasos havia um barbante de algodão, comunicando a água com o solo, de modo que por efeito da capilaridade a água era elevada do reservatório até a terra, conforme demonstrado na figura 3 (ver página 30).

Neste mesmo contexto, experimentamos três variações de composição do solo (com 20 amostras para cada grupo), nas quais quantidades de barro amarelo eram adicionados à terra vegetal a fim de produzir um solo argiloso, ou de areia grossa lavada, a fim de produzir um solo arenoso e também com vermiculita ao último grupo, a fim de observar sua capacidade de manter a umidade do solo e seus efeitos sobre a taxa de germinação das sementes. Como a composição do solo, arenoso ou argiloso, interfere na sua capacidade de retenção de umidade, e este parâmetro é crucial para o despertar do embrião, procedemos o teste. Aqui, tivemos a oportunidade de treinar com os estudantes o conceito de proporção e porcentagem, que eles haviam aprendido no 1º ano do Ensino Médio e debater como eles poderiam ser utilizados em diversos outros contextos. Com uma maior taxa de desenvolvimento no solo acrescido de areia grossa lavada (solo arenoso) e o acrescido de barro amarelo (solo argiloso), alcançando 19 germinações de 20 em ambos (95% de germinação). A de pior resultado foi a de solo com vermiculita expandida⁴, em que alcançamos 15 germinações de 20 possíveis (75% de germinação). Passamos, a partir destes resultados, a utilizar um solo composto por 4 partes de terra vegetal e 1 parte de areia grossa lavada a fim de maximizar as germinações e reduzir o custo de produção por muda, uma vez que a obtenção da vermiculita era de 5 reais por litro do material enquanto a areia grossa lavada apresentava custo de 50 centavos por litro de areia.

⁴ Vermiculita expandida é um tipo de mineral basáltico capaz de promover troca catiônica e aquosa com o sistema (PERALTA, 2009).

Todas estas sementes foram transferidas para vasos com a composição de solo supracitada. Nesta atividade, pudemos discutir a importância da metodologia para pesquisa científica e a necessidade da obtenção de dados em experimentos controlados.

Ainda na tentativa de descobrir o que continuava a causar a mortalidade das plantas expostas ao sol, introduzimos a medição da temperatura, como novo fator de investigação. Neste sentido, o professor Walker da disciplina de física nos trouxe algumas informações para compreensão das escalas termométricas, diferenças entre calor sensível e latente, entre outros apontamentos. Aqui, pudemos observar o efeito da distribuição do calor por condução ao longo de todo o solo. Para tal, passamos a medir por alguns dias o solo sempre em duas regiões do vaso, uma a cerca de 1cm de profundidade e outra a cerca de 10cm de profundidade, sempre obtendo mesmo valor de temperatura para ambas as situações. Após cada medida, o termômetro era retornado para um recipiente contendo água de irrigação a fim de retomar a temperatura inicial de medida. Invariavelmente, nossa amostra de água de irrigação sempre estava abaixo da temperatura do solo, mesmo em relação às plantas posicionadas na sombra. Constatamos nessas medições que plantas ao sol apresentavam temperaturas ao redor de 46 ° C, sendo em alguns dias alcançando temperaturas da ordem de 49 ° C. Em contrapartida, as amostras da sombra sempre apresentavam temperaturas ligeiramente maiores que a ambiente, sempre ao redor de 33 ° C em dias ensolarados.

Julgamos que era um ou o fator que estaria impossibilitando o desenvolvimento vegetal. Estranhávamos, entretanto, o bom desenvolvimento das amostras no solo, que estavam expostas ao sol. Estas continuavam a se desenvolver normalmente. A partir das medidas de temperatura, resolvemos descartar o uso dos vasos autoirrigáveis. Também por suspeitarmos que o problema era a temperatura do solo e não a irrigação, mas principalmente porque a água do reservatório atingia temperaturas maiores que a terra do vaso, chegando a diferenças de até 10 ° C. Assim, as plantas com vasos autoirrigáveis estavam apresentando muito mais dificuldades no seu desenvolvimento, apesar da umidade sendo mantida uniformemente, porque a água estava aquecendo a terra através de uma convecção térmica. Para os vasos autoirrigáveis da sombra, a amplitude térmica entre solo e reservatório de água era de cerca de 1 ° C, mas ainda com a água apresentando

temperatura maior. Em faixas de temperatura superiores a 35 °C, não há mais desenvolvimento das vagens e o ciclo reprodutivo da planta fica severamente afetado. Como tivemos temperaturas bem maiores que esta, os feijoeiros sequer conseguiram se manter saudáveis (EVANGELISTA et al., 2015). Tomamos o vaso comum como padrão para demais amostras, abandonando assim os vasos autoirrigáveis, em razão do aquecimento permanente e indesejado que estava sendo mortal para as amostras.

Após 15 dias de desenvolvimento, e tamanho entre 10 e 15cm, novas mudas foram transplantadas para garrafas PET de cor verde, com volume aproximado (após corte seccional) de 1,5L e solo de mesma composição para todas as mudas.

A partir daí, começamos a acompanhar a temperatura do solo das amostras por disposição local do vaso, separando-os em zonas de sombreamento com luz indireta e zonas de sol direto. Percebendo que plantas que se desenvolviam à sombra atingiam temperaturas máximas de 33 °C, enquanto que plantas que se desenvolviam na luz direta alcançavam até 49° C, com moda⁵ ao redor dos 46° e que aquelas tinham melhor crescimento do que estas.

As aferições térmicas supracitadas são referentes ao mês de janeiro, pico do verão no hemisfério sul. As medições feitas em abril apresentaram temperaturas máximas semelhantes entre as amostras com exposição direta ao sol e as da sombra. Vale ressaltar que, neste período das experiências, a orientação do sol mudou, de forma que as regiões que antes estavam na sombra, em abril, encontravam-se no sol e vice-versa. Neste sentido, o professor de física nos trouxe uma questão acerca da gravitação, interação estrela-astro-satélite, e como ela modificava as estações no planeta em função destes movimentos terrestres. Vimos os fundamentos do equinócio e solstício, dois eventos climáticos controladores das estações abordados rotineiramente na disciplina de geografia, à luz da física.

Ao fim do mês de dezembro, começamos a observar o aparente desaparecimento das mudas, como se estivessem sendo arrancadas do solo. Examinando o interior do solo, detectamos a presença das raízes. Suspeitamos assim de alguma praga, consumindo os feijoeiros a um ritmo de 2 vasos por dia. Observamos as plantas ao longo do dia em diversos horários e por diversos dias e absolutamente

⁵ Moda aqui se refere ao conceito matemático onde o valor que mais se repete em um conjunto de dados é destacado. (IEZZI; HAZZAN; DEGENSAJN, 2013)

nada de estranho era detectado. No dia 31/12/2018, por ocasião da logística de segurança escolar, não foi possível observar as plantas ao longo do dia, sendo possível apenas fazê-lo após as 18h, com a chegada do vigilante noturno. Neste momento, encontramos um Caramujo Gigante Africano, identificado por meio de foto captada, exibida na figura 8, pelo professor de biologia, subindo o vaso e prestes a alcançar o feijoeiro.

Figura 8 - Caramujo Gigante Africano



FONTE: própria

O animal em tamanho adulto foi coletado e queimado em separado, conforme orientação da vigilância sanitária. Nos dias seguintes, não tivemos mais problemas com desaparecimento de mudas, o que nos levou a crer que, de fato, o animal era o único causador do desaparecimento repentino dos feijoeiros. Não conseguíamos detectá-lo, ao longo do dia, porque o animal tem hábito noturno, saindo no horário diurno apenas em dias chuvosos. Como o animal libera um fluido corporal no solo para deslocar-se sobre ele, o seu traslado em horários mais quentes aumenta sua desidratação e a sensibilidade cutânea do animal também o impele a evitar exposição em locais com incidência direta do solo (DURÇO et al., 2013).

Algumas semanas após este evento, voltamos a sofrer com o aparecimento de mais indivíduos da mesma espécie, adotamos assim um controle químico utilizando o

lesmicida da marca LESMAX, cujo princípio ativo é o metaldeído, que apesar do nome comercial tem como real estrutura um tetrâmero cíclico de fórmula molecular $C_8H_{16}O_4$ e nome oficial R-2,C-4,C-6,C-8-tetramethyl-1,3,5,7-tetroxocane – em inglês (INSETIMAX, 2020). O lesmicida era aplicado a cada 15 dias, na dosagem de uma colher de chá por metro quadrado, conforme recomendação do fabricante. Já no dia seguinte, começaram a aparecer novos indivíduos mortos, que foram coletados sem contato manual direto e esmagados para evitar que suas carapaças servissem de ponto de proliferação de mosquitos *Aedes Aegypti*. Descartamos os resíduos da carapaça, cujo principal componente é carbonato de cálcio, a fim de evitar contaminação dos estudantes e professores, por doenças infecciosas como a meningite (OLIVEIRA, 2018). Aqui, pudemos discutir a cadeia alimentar, com direcionamento dado pelo professor Clodoaldo, enquanto que também comentamos sobre o necessário controle de pragas, que permite a produção de alimentos em escala capaz de atender a todo o planeta, utilizando conceitos da química.

Para afastar a presença de outros predadores como lagartas e similares, preparamos um extrato de fumo de rolo para aspersão deste extrato diluído sobre suas folhas e caules. No preparo da calda de fumo, utilizamos, segundo recomendação de cartilha da EMBRAPA, aproximadamente 100g de fumo de rolo, 1L de água e 1L de álcool etílico automotivo. A mistura foi batida no liquidificador até se homogeneizar completamente e depois foi transferida para um recipiente opaco e colocado para descansar por 4 dias, em local fresco e escuro. Após o completo descanso do extrato, foi diluída a amostra em água potável, na proporção de 1 para 20 e acrescidos de 5g/L de sabão neutro ralado. Com a dispersão coloidal obtida, foi aspergido sob agitação em cima das folhas e caules. A dispersão coloidal foi novamente preparada e reaplicada semanalmente por um mês (BARBOSA; SILVA; CARVALHO, 2006). Nesta etapa, pudemos discutir a importância da extração, enquanto método de separação de misturas.

Como método alternativo para tentar controlar a umidade, temperatura e presença de predadores no local de nosso cultivo, iniciamos em janeiro a plantação de estaquias de manjerição, uma erva aromática e que por isto ajuda a repelir um grande número de insetos do ambiente, planta de baixa exigência nutricional do solo. Ao redor da área que temos reservada para horta, uma área retangular de dimensões aproximadas de 4mx5m, foram inseridas estaquias, que são galhos de

aproximadamente 10 a 15cm de tamanho, no solo, a fim de multiplicar as plantas. Após algumas semanas, estávamos com toda área no entorno de nossa horta, tomadas por pés de manjeriço. Ao longo da atividade, o professor Walker, da disciplina de física, foi nos lembrando sua intervenção acerca da irradiação eletromagnética e sua conversão em calor, sendo bastante útil para que os alunos pudessem ter convicção de que esta técnica teria benefício térmico garantido para o ambiente. Foi possível discutir com o professor Clodoaldo a importância da arborização nas cidades a fim de permitir microclimas mais acolhedores em toda cidade. Com o passar de algumas semanas, pudemos perceber um aumento significativo na umidade e à redução da temperatura do ambiente.

Quanto aos feijoeiros, percebemos uma melhora na saúde das folhas; com folhas mais verdes, de tamanhos maiores, menos desbotamentos, que podem indicar os mais variados tipos de patógenos ou insuficiente disponibilidade nutricional do solo. Com relação à presença de predadores, os caramujos continuaram reaparecendo e curiosamente atacando apenas os feijoeiros, sendo controlados apenas com a utilização do lesmicida, como relatado anteriormente.

Os vasos sofreram adubação experimental a cada mês de intervalo, variando entre adubos orgânicos, como borra de café seca ao sol para evitar fungos, farinha de casca de ovo para fornecer cálcio, húmus de minhoca para fornecimento tanto dos macros como dos micronutrientes e NPK, que é composto por ureia, como fonte de nitrogênio, P_2O_5 como fonte de fósforo e cloreto de potássio como fonte de potássio. NPK são os macronutrientes vegetais, sendo necessário grande abundância destas fontes primárias para o desenvolvimento vegetal. O nitrogênio apresentando especial importância para o crescimento vegetal, o fósforo para síntese de DNA e consequente proliferação de flores e o potássio para o desenvolvimento dos frutos, neste caso em especial as vagens (SEVERINO et al., 2006).

As plantas reagiram bem em todas as adubações, exceto na aplicação do NPK, e em poucos dias depois da aplicação a grande maioria havia secado completamente e morrido. Como a quantidade de NPK aplicada por vaso estava dentro dos parâmetros (5g/L de terra) e a forma de aplicar também foi conforme literatura, nas bordas do vaso, com cobertura de terra sobre o adubo aplicado e rega abundante para dissolver os nutrientes deixando-os disponíveis no solo, elencamos como suspeita

número um a distância entre a borda do vaso e o caule, devido ao baixo diâmetro dos vasos. Engenheiros agrônomos apontam que o NPK em contato direto com o caule e/ou raízes superficiais “queimam” as plantas e podem matá-las (CAMARGO; FREIRE, 1962).

Como o termo é vago, suspeitamos que se tratava de um efeito osmótico intenso, no sentido de desidratar o vegetal. Aqui, discutimos conjuntamente com o professor Clodoaldo os aspectos químicos e biológicos da osmose e sua relevância para diversos mecanismos celulares. Posteriormente, testamos adubações de NPK, em vasos feitos a partir de outros produtos descartáveis, todos com maior volume e/ou maior diâmetro e não obtivemos mortalidade das novas amostras. O objetivo destes novos vasos foram observar algumas variáveis que citaremos mais à frente, dentre elas, cabe-nos citar agora os resultados da adubação química.

No dia 15/01/2019, notamos a presença de flores nos feijoeiros, que haviam sido plantadas no chão, como forma de evitar o descarte de sementes germinadas. Parte das sementes plantadas no chão, apesar de se desenvolverem bem, foram consumidas completamente pelo caramujo, uma em especial foi consumida de forma significativa, mas continuou seu ciclo de vida, enquanto que algumas escaparam ilesas ao ataque do predador. As flores são mecanismos importantes de sinalização da maturidade vegetal, é a partir destas estruturas que a planta se reproduz e desenvolve os novos embriões. Neste caso, as vagens como frutos e o feijão como semente, e quanto mais flores, maior a possibilidade de vagens sendo produzidas. Não há, entretanto, garantia de que uma planta cheia de flores produzirá muitos frutos, o ciclo reprodutivo vegetal, via de regra, depende de um agente polinizador (besouros, abelhas, borboletas e afins) para pôr em contato as estruturas masculinas com as femininas da planta e assim ocorrer a fecundação, gerando a vagem. Com a observação das flores e o surgimento de insetos polinizadores, o professor Clodoaldo levantou uma discussão sobre as diferentes relações entre os seres vivos. Se antes nos preocupávamos em afastar outros animais, que destruiriam nossos feijoeiros, agora desejávamos a presença de outras espécies que seriam decisivas na produção de frutos em nosso cultivo.

No dia 25/01/2019, foram adicionados pedaços de cascas de ovos aos vasos, com a intenção que protegessem as plantas de predadores de corpo sensível, como

lesmas, caracóis e similares. Seria assim um mecanismo de redundância para proteção da horta. Como as cascas são finas e cortantes, costumam dificultar e até impedir a aproximação destes predadores. Também adicionamos cascas de ovos aparentemente intactas, a fim de afastar lagartas, possivelmente predadoras dos feijoeiros. Segundo o professor Clodoaldo de Biologia, a conduta é difundida entre agricultores familiares, que explicam que a presença destes ovos indica a presença de predadores para as lagartas no local, direcionando assim a propositura dos ovos geradoras de lagartas para outros locais. Aqui, o professor nos trouxe uma breve reflexão sobre os mecanismos evolutivos propostos por Charles Darwin, indicando que a efetividade desta técnica estaria atrelada justamente ao processo de evolução do mecanismo de reprodução destas espécies.

No dia 07/02/2019, preparamos 4 vasos industrializados feitos em polipropileno opaco e na cor preta. Dois foram colocados na sombra, enquanto os outros dois ao sol. Os vasos eram da fabricante Rischioto e tinham tamanho 17 (18 x 18 x 15 cm = 4,8L). Em todos os vasos houve germinação e bom crescimento inicial dos feijoeiros. Nossa intenção com este experimento era verificar se a transmissão luminosa da terra estava influenciando na temperatura do solo. Como estávamos utilizando vasos de garrafa PET, na cor verde, entendemos que o plástico estivesse permitindo a passagem da cor vermelha e de frequências afins, refletindo sua cor complementar, a verde. Como a frequência do infravermelho é conhecida por gerar aquecimento, acreditávamos que a passagem deste tipo de radiação, por todo o corpo da garrafa, estivesse contribuindo para o superaquecimento do solo dentro do vaso, bem como elevando a mortalidade e a fragilização dos vegetais. Observamos, entretanto, que as temperaturas apresentavam pouca ou nenhuma diferença térmica entre os vasos industrializados e os reciclados de garrafa PET verde. Algo semelhante foi observado quando testamos em garrafa PET incolor e transparente.

Nas vezes em que notamos diferença térmica, tínhamos uma redução de 1 a 2 °C a menos no vaso preto industrializado, como notamos no dia 28/02/2019. Concluímos, assim, que a elevação da temperatura se deveria a uma maior área de incidência de radiação solar. Enquanto a maior parte do solo natural está inacessível à radiação solar, 100% da terra utilizada no vaso estava exposta a essa radiação. Neste ponto, o professor Walker nos trouxe uma discussão acerca da intensidade luminosa, uma relação direta entre quantidade de fótons e área superficial. Aqui,

podemos observar como a teoria se confirmava com nossos resultados práticos, uma vez que com maior área de exposição mais fótons eram absorvidos pela terra, contribuindo assim diretamente para elevação térmica.

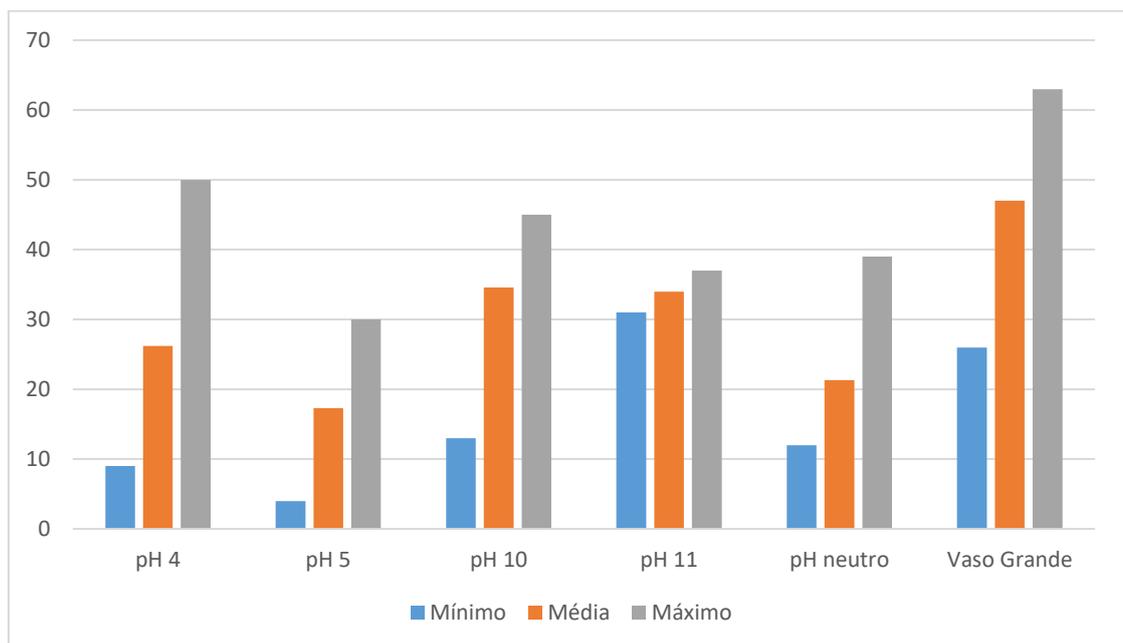
Tínhamos também a intenção de observar o desenvolvimento vegetal como maior disponibilidade de terra. Quando há mais terra, disponível as raízes podem se expandir e ramificar, permitindo maior absorção de água e nutrientes, além de trocas gasosas. Comparando-se os vasos de cor verde utilizados anteriormente, os pretos não apresentaram diferença significativa na temperatura do solo em relação ao padrão inicial, introduzimos garrafas de produtos químicos, como detergente, sabão líquido para roupas e cloro, com volume aproximado de 5 L e diferentes cores, azul em diferentes tonalidades, branco e transparente. Se o solo não é capaz de fornecer os nutrientes necessário para planta adulta, é comum que a planta se esgote por falta de nutrientes e morra.

Tivemos, até aqui, alta mortalidade das plantas, mesmo nos vasos maiores e creditamos isto às temperaturas alcançadas no mês de fevereiro, que chegaram a picos de 49 °C, para as amostras expostas ao sol durante todo o dia. No mês de abril, com o início do outono, observamos temperaturas mais brandas, tanto no ambiente como no solo. O melhor desempenho, entretanto, ocorreu a partir do meio do inverno, já no mês de julho. Nesta época, observamos as temperaturas mais baixas medidas de todo o projeto, mesmo assim a temperatura do solo das amostras expostas ao sol alcançava 30 °C enquanto que a temperatura da água da rega chegou ao mínimo de 23 °C. Por consequência, percebemos também um desenvolvimento mais rápido e folhas mais saudáveis e desenvolvidas. Neste momento, recomeçamos o plantio de todos os vasos para nosso teste, com modificação do pH do solo, por meio do acréscimo de soluções ácidas e básicas a fim de observar a influência sobre o desenvolvimento e a produtividade dos feijoeiros.

Aqui, tivemos um preparo acerca do parâmetro pH e da importância da utilização da escala antilogarítmica na medição do caráter ácido-base do sistema. A discussão foi conduzida em conjunto com a professora Themis, de matemática, que nos deu suporte para compreensão da propriedade matemática e algumas de suas aplicações para além da química.

Para o teste da influência do pH, produzimos alterações em grupos de amostras vizinhas, de modos que todas estivessem expostas, aproximadamente a mesma luminosidade solar, já que em função das paredes do local o sol era mais intenso em uma região do que em outra. Quanto ao pH, produzimos diluições, a partir de uma solução comercial de vinagre de álcool, cujo principal componente é ácido acético e soluções a partir de cal utilizado em construção. Cada grupo amostral de vasos foi tratado uma única vez, com 100mL de solução algumas semanas antes do aparecimento das primeiras flores. Para aferição do pH, utilizamos papel indicador da Merck. No gráfico 1, exibido a seguir, apresentamos todos os dados obtidos pós colheita, de modo que o pH é referente à solução adicionada ao vaso, o pH neutro significa ausência de acréscimo de ácidos ou bases e o vaso grande indica o feijoeiro sendo produzido em recipiente de 5 L, enquanto que os demais foram produzidos em garrafas PET de refrigerante com aproximadamente 1,5L de volume de terra.

Gráfico 1 - Produtividade de todos os vasos em função do pH

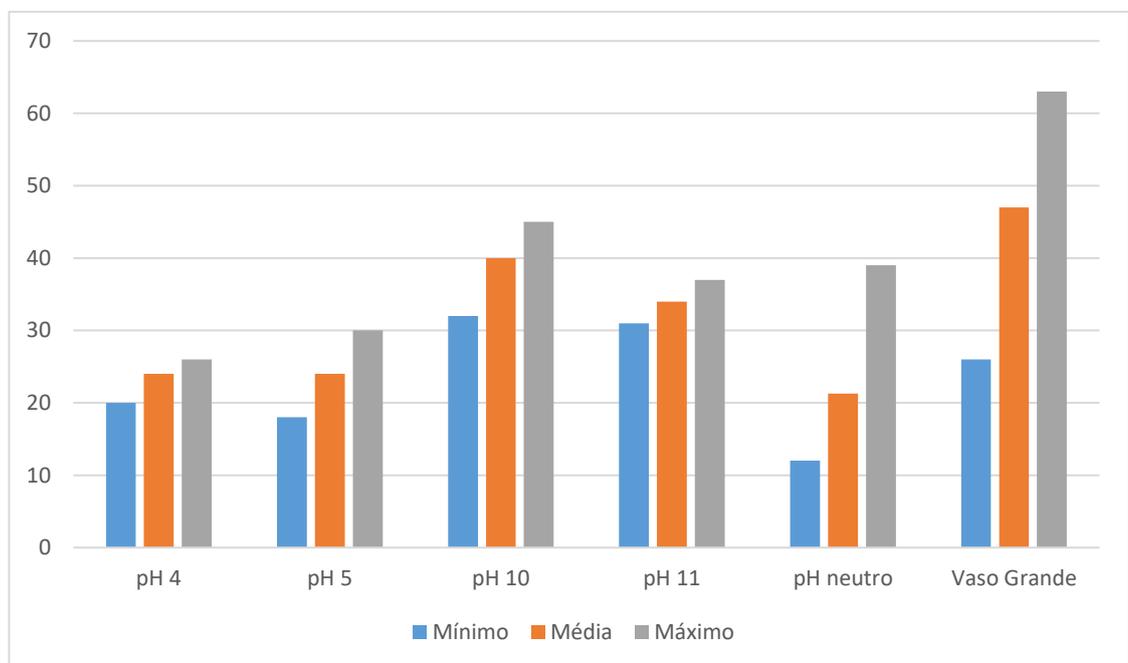


FONTE: autoria própria

Estes resultados deixaram o grupo um pouco confuso acerca dos dados obtidos, em função da aparente aleatoriedade dos valores. Como o processo de calagem do solo é algo comum na agricultura, permitindo a redução da acidez do solo para melhoria da produção em práticas agrícolas, estávamos esperando resultados mais evidentes. A professora Themis, entretanto, sugeriu que construíssemos um outro gráfico semelhante, omitindo as medidas com índice de produção, 2 vezes maior

ou menor que a média. Sua sugestão foi pensada pelo fato de, em cada grupo amostral, possuímos eventualmente um feijoeiro com número de grãos muito maior ou muito menor em relação a todos os demais. Desconsiderando estas medidas discrepantes estaríamos, em princípio, eliminando outras variáveis não aferidas no experimento. Como sugestão de correção para experimentos futuros, a professora sugeriu o aumento do espaço amostral, uma vez que tínhamos utilizado apenas 5 amostras de cada planta. Como fruto deste tratamento, produzimos o gráfico 2, exibido a seguir, cuja análise tornou-se significativamente mais fácil.

Gráfico 2 - Produtividade dos vasos, após tratamento matemático, em função do pH



FONTE: autoria própria

Observando o gráfico 2, podemos ver correlação mais clara entre pH e produtividade. Os vasos foram tratados com solução em pH 10, houve maior produtividade do que todos. Nos vasos tratados com solução de pH 11, também houve melhora da produtividade, embora não tão elevada quanto a anterior; isto nos sugere de que o pH sendo excessivamente elevado pode também gerar indisponibilidade dos nutrientes e prejudicar sua produtividade. O gráfico também nos sugere que a acidez presente no solo dificulta a disponibilidade de nutrientes, mais do que a basicidade elevada, e o consequente prejuízo na produtividade do solo. Como vasos tratados com soluções de pH ácido tiveram resultados semelhantes aos solos sem aditivo, suspeitamos de que o pH do solo não tratado já fosse similar ao das soluções

adicionadas. Para nos certificarmos disto, seria necessário a replicação dos testes, preferencialmente com maior número de amostras, e a medição do pH do solo de forma contínua. Recentemente, adquirimos um aferidor de pH específico para solos e este certamente será um parâmetro observado por nós na continuação deste projeto.

4.2 Análise das Reuniões de Planejamento

Em nossa escola, já eram comuns a realização de dois tipos de atividades colaborativas entre os professores de ciências da natureza: a produção de uma feira anual de conhecimentos e a realização de aulas temáticas quinzenais ao longo do segundo semestre de cada ano letivo.

A feira de conhecimentos era sempre desenvolvida inicialmente com algumas reuniões dos professores envolvidos, a fim de que pudessem organizar a atividade em si, do ponto de vista estrutural, detalhamentos de conceitos disciplinares que poderiam ser abordados pelos estudantes, separação das turmas a serem orientada por cada professor. Uma vez feito isto, cada professor passava a tratar com seus estudantes de forma isolada, de modo a constituir todo o projeto da turma em questão com base na disciplina do professor-orientador. Vale salientar que os conceitos eram sempre escolhidos de forma a estarem atrelados a apenas uma disciplina, para que o professor sozinho fosse capaz de orientar o trabalho de sua turma.

Por outro lado, na preparação das aulas temáticas não eram realizadas reuniões para constituir a atividade. Era apenas sugerido um tema norteador por um dos professores, cada professor de forma isolada separava algumas questões de vestibulares capaz de o mesmo fazer sua disciplinar dialogar com o tema proposto e permitir que o professor pudesse fazer não só uma revisão do referido conteúdo disciplinar, mas também aprofundar possíveis situações na resolução de questões de maior complexidade, como são o caso do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

No que se refere à horta, fizemos algumas reuniões a fim de que pudéssemos levantar alguns temas que, de início, imaginávamos relacionar a disciplina de cada professor com sua atividade. Após fazermos um breve levantamento de tópicos, decidimos nos apropriar da temática, uma vez que nenhum de nós possuía experiência com plantas, com exceção do professor Clodoaldo, que levantava algumas discussões em suas aulas de biologia com os estudantes do 2º ano do

Ensino Médio. Ao nos debruçarmos com estas novas informações, pudemos perceber que havia muito mais conceitos atrelados ao manejo do feijoeiro do que pensávamos. Decidimos assim elaborar de forma progressiva um mapa conceitual, que fosse capaz de nos permitir entender as relações entre as disciplinas e seus saberes, inclusive destacando os conceitos interdisciplinares.

Conforme a atividade com o feijoeiro foi iniciada, pudemos, com os resultados práticos dos experimentos, observar o emergir de conceitos que não havíamos previsto nas reuniões. Alguns destes acabaram sendo inseridos dentro de nosso mapa conceitual por algum tempo, fazendo-nos perceber em um dado momento que esta emergência estava nos conduzindo para uma atividade pedagógica sem fim. Uma atividade fluida, contínua e sem prazo para acabar é sem dúvida o sonho de consumo de muitos dos educadores, que enxergam a verdadeira beleza da educação, que planejam suas atividades na expectativa de colher seus frutos. Ao menos entre os professores participantes deste projeto é unânime a frustração com a obrigação de abandonar um conteúdo para seguir com o planejamento. Apesar disto, um docente que esteja verdadeiramente inserido no chão da escola (e aqui poder-se-ia estender o termo a qualquer curso formal da atualidade), não pode se furtar a sua estrutura, suas amarras; é necessário que as atividades por ele planejada e desenvolvida tenham não só começo e fim, mas também um mecanismo quantitativo de avaliação, com finalidade de enquadrar cada estudante em um dos três grupos de estudantes, ao fim de cada ano letivo: o grupo dos aprovados, o grupo dos que ficaram em recuperação e deste último os que serão reprovados e precisarão cursar novamente todo o ano letivo. Por isto, começamos, por meio do mapa conceitual, a limitar os conteúdos, que seriam discutidos com mais profundidade ao longo do projeto, a fim de que não perdêssemos o foco da atividade: despertar o pensamento complexo, a visão global do objeto, nos discentes e porque não dizer também dos docentes.

Na figura 6, (ver página 57) temos o mapa conceitual produzido antes que a horta fosse iniciada, ainda na época das reuniões iniciais de planejamento da atividade. Nele, é possível observar a limitação no número dos conceitos e suas conexões, uma vez que embora estivéssemos planejando uma atividade interdisciplinar, cada professor estivesse levantando os conceitos de forma isolada, solitária, sem que seus pares pudessem refletir de forma conjunta.

Na figura 7, (ver na página 69) temos o mapa conceitual que foi expandindo conforme os feijoeiros se desenvolviam e novos conceitos disciplinares emergiam em razão das situações em que a horta nos impelia. É possível perceber que neste mapa temos não só uma quantidade maior de conceitos disciplinares presentes, mas também um maior número de conexões entre os saberes disciplinares, mostrando que neles há um contexto interdisciplinar que a prática nos permitiu enxergar.

Desta forma, os mapas foram úteis não só como forma de estruturar nossas atividades, mas também nossa visão complexa da horta, permitindo-nos enxergar as áreas de real aproximação de uma ciência a outra, situação em que um único campo de saber era insuficiente para a compreensão do fenômeno estudado, no qual víamos emergir os primeiros passos da interdisciplinaridade, que pensávamos anteriormente fazer e só agora estávamos vendo efetivamente surgir. Não só ao ponto de crermos na sua existência, mas ao ponto de torná-la concreta e possível a nossa prática docente.

Se nas primeiras reuniões era em alguns aspectos difícil relacionar de forma prática conceitos matemáticos com biológicos ou físicos com biológicos, por meio do curso da atividade e de sua sistemática organização pelos mapas conceituais, que iríamos produzindo, agora se tornava mais evidente enxergar a complementaridade, e em alguns casos superposição, dos saberes disciplinares, ajudando-nos a compreender que a natureza e seus fenômenos não pertencem a uma disciplina acadêmica.

Para além disto, as disciplinas eram visões monoculares, que embora nos permitissem enxergar os fenômenos, não nos faziam capaz de enxergar a pluralidade, que tornava grandioso o que se permitia estudar. Como veremos nas entrevistas dos professores, a experiência acabou sendo bastante enriquecedora não só do ponto de vista profissional para cada professor, mas também por nos permitir enxergar um mundo de forma pluriocular.

4.3 Entrevistas dos estudantes

Faremos aqui uma análise das respostas dos estudantes acerca do projeto. Cabe salientar que todo o projeto foi desenvolvido com os discentes, acreditando que

estávamos produzindo uma pesquisa de caráter científico, a fim de compreender melhor em quais condições poderíamos contribuir para o desenvolvimento vegetal, a fim de que pudéssemos aperfeiçoar e expandir a horta escolar. Desta maneira, os estudantes concentraram-se exclusivamente em aperfeiçoar seus conhecimentos sobre a agricultura em pequena escala, sobretudo a orgânica, como contexto, mas preocupados na aprendizagem dos conceitos científicos que dão suporte à compreensão ampla da atividade

A partir daqui, apresentaremos as perguntas realizadas aos discentes e a síntese de suas respostas. Eventualmente, iremos esclarecer objetivo da pergunta, quando entendermos que estes poderiam não estar suficientemente claras.

Aqui, não individualizaremos as opiniões, porque no conjunto elas apresentaram experiências deveras semelhantes. Eventualmente, quando julgarmos relevante, vamos realizar destaque e comentar a fala de um entrevistado em específico.

1. *Você já pensou sobre a importância dos conteúdos estudados na escola? Você consegue utilizar estes assuntos no seu dia a dia?*

Pareceu ser unânime, na concepção dos estudantes, que o ensino, por meio do qual eles têm vivenciado grande parte de seus dias, ao longo da última década, não tem sido de todo em vão. Embora todos possam pontuar diversas críticas ao modelo de ensino, sobretudo pelo fato de sua execução ser excessivamente teórica, eles reconhecem que, em menor ou maior grau, os conteúdos disciplinares estão relacionados ao cotidiano e aprender pode facilitar consideravelmente o exercício de sua cidadania.

Não houve absolutamente consenso algum entre quais disciplinas escolares, apresentavam, mais relevância ou aplicação prática em suas rotinas de vida. A impressão captada ao se promover as escutas era de que, de alguma forma, sua relação socioafetiva com a disciplina ajudava-os a bloquear ou ampliar sua visão acerca da aplicabilidade do saber pertinente a cada matéria escolar. Enquanto alguns apontavam tópicos de matemática, como sendo totalmente desconexos e impossíveis

de utilizá-lo cotidianamente, outros os exaltavam como sendo saberes dos quais não poderia se desfazer. Semelhante, embora em menor proporção, observamos algo semelhante em disciplinas como história. Enquanto que alguns estudantes atribuíam a esta ciência como um mero decoreba de datas e memórias de um passado irrelevante, outros apontavam que conhecer os caminhos percorridos no passado por outras civilizações os ajudariam a compreender o presente e a não cometer os mesmos erros. Difícil inferir, até pela natureza da entrevista e deste trabalho, se a relação emocional do estudante com a disciplina é quem causa obscuridade de sua visão para a aplicabilidade de seus pressupostos, se o contrário ou se ambos.

O estudante Bart chegou a pontuar que, “ainda que algum conteúdo possa não ter relevância prática para sua vida, certamente já contribuiu para expansão de sua capacidade de aprender, de raciocinar”. Deu aqui, embora não utilizando estes termos, um sentido de ampliação cognitiva; que mesmo o aprender por aprender não era de todo inútil, embora sempre fosse mais importante e prazeroso dedicar-se a algo que de fato impacte seu cotidiano. A estudante Ana ainda pontuou que alguns saberes, eventualmente, colocam-nos para agir no automático. Embora não se refletiva sobre quais elementos escolares está se fundamentando uma determinada atividade, ela estava sendo empregada, ainda que de forma despercebida. Ela lembrou que modificou sua forma de cozer alimentos em razão de seus conhecimentos sobre ebulioscopia e cinética química, e uma vez compreendendo que o acréscimo de sal na água do cozimento a permitiria ficar dentro da panela a uma temperatura maior e que esta elevação de temperatura aceleraria as reações químicas.

2. Por que os assuntos da escola são ensinados em disciplinas, por matéria?

De forma consistente, os discentes entendem que o grau de complexidade crescente dos conteúdos estudados na escola exige que esta fragmentação seja realizada de forma progressiva, ao longo de suas vidas escolares. No geral, eles acreditam que, com a crescente gama de conhecimentos, seria impossível para eles aprenderem tudo de forma conjunta, inclusive para o professor.

Para aqueles que articularam melhor esta ideia, foi levantada a questão do ensino primário. Nesta modalidade, há, via de regra, uma única professora lecionando todos os conteúdos propostos para aquela série, entretanto, mesmo estas professoras acabem propondo suas atividades de formas seccionadas em várias categorias de saber.

Algo peculiar observado foi que, ao início da década de 1990, as matérias eram nomeadamente tratadas como português, matemática, ciências e estudos sociais. Porém, dos estudantes que participaram deste projeto, quase metade deles citaram ter estudado matérias como geografia, história, artes, literatura e inglês ainda no Ensino Fundamental I. Talvez fosse relevante, em uma atividade futura, tratar com professoras primárias de 3 ou 4 gerações de discentes, a fim de compreendermos se trata apenas de uma nova organização das atividades pedagógicas ou se a invasão do especialismo aportou também neste nível educacional.

O estudante Jujunik levantou que, em alguns casos pontuais, a fragmentação dos saberes é prejudicial. Em sua visão, disciplinas como matemática, física e química poderiam ser trabalhadas de maneira conjunta, sem separações. Que algo semelhante poderia ser aplicado a matérias como filosofia e sociologia, por acreditar que estes conjuntos de disciplinas dialogam, de alguma maneira estudam o mesmo objeto e complementam-se. Dentre os estudantes, foi a observação mais próxima, dentro do contexto escolar, de reconhecer o valor do ensino interdisciplinar para o chão da escola. Ana ainda fez ponderações que merecem destaques. Ela apontou que no desenvolver de uma pesquisa, as disciplinas de exatas, e enumerou como sendo de exatas as matérias de química, física, matemática e biologia, atuam de forma conjunta e que apenas quando alguém decide se aprofundar mais em algum tema, fazer uma especialização, é que abandona as demais matérias. Pontuou que os saberes das disciplinas de humanas também guardam relação entre si, "...estão interligadas." Apontou ainda que, com alguma dificuldade, pode haver relação entre as disciplinas de humanas e as ditas exatas, citando por exemplo a origem dos matemáticos como ligada aos filósofos.

3. Como você acha que seria se um único professor tivesse que ensinar várias disciplinas para mesma turma?

Aqui, a maioria dos estudantes acreditam que seria impossível, sobretudo para os professores, como base no que já havia percorrido na pergunta anterior. Ana aponta que os professores possuem metodologias de ensino diferentes, intrínsecas à sua personalidade e que esta mudança de professor contribui para tornar o aprendizado mais dinâmico e, portanto, mais efetivo. Que ainda que algum professor conseguisse ensinar todos os saberes sozinho, mesmo assim a educação estaria prejudicada porque "...professores e alunos iriam abusar um do outro." Aqui, ela se referia a tornar repetitiva a dinâmica da sala de aula, tornando algo maçante e sem foco.

4. Quando você aprende algo fora do contexto escolar, estes conteúdos são ensinados por pedaços ou de uma vez?

Michael foi o estudante que conseguiu dizer, de forma mais objetiva, o que pareceu ser a visão dominante entre os discentes. "...cada aprendizado deve guardar uma relação com aquilo que já foi aprendido antes, para que possamos usar o que se aprendeu inicialmente como base para o aprendizado seguinte." Exemplificou ainda que não seria possível compreender equações matemáticas sem que antes tivessem aprendido os fundamentos da contagem. Como o estudante aqui recorreu a um contexto escolar para responder a algo que pretendia remeter ao aprendizado informal, buscamos uma referência a seu gosto por música, para questioná-lo sobre como ele iniciou seu aprendizado no violão e como continuava a aperfeiçoar seus conhecimentos na área.

Michael pontuou que há um número muito grande de notas e técnicas musicais, que quando começou a aprender, com seu pai, iniciou por notas mais simples de serem executadas e que ao mesmo tempo apresentavam-se como bastante corriqueira em um grande número de músicas. Entendemos que este exemplo conseguiu, de forma espontânea, transpor a resposta inicialmente apresentada de maneira formal para a informalidade do aprendizado cotidiano extraescolar.

Alguns estudantes, como Daniel, foram enfáticos ao dizer que "...quem tenta ensinar tudo de uma só vez geralmente deixa a pessoa ainda mais atrapalhada do

que antes”. Gisele e Alicia ainda acrescentaram que se algo que deva ser ensinado for significativamente simples pode sim ser explicado sem necessidade de repartir a informação. Ana pontua que atividades de ensino prático, de certa forma, servem para interligar o que havia sido ensinado de maneira separada. Algo que nos acendeu o alerta deveu-se ao fato dela ser, atualmente, estudante de licenciatura em matemática e ter nos apontado que:

“...conectar os aprendizados é obrigação do estudante. Se ele for passivo e apenas ficar contando com o que o professor ensina ele nunca vai conseguir relacionar as coisas que ele aprendeu na escola. Mas se ele for atrás, pesquisas por conta própria, será capaz de enxergar as muitas relações entre tudo o que antes havia sido ensinado” (Ana).

5. Se você estivesse em uma ilha isolada, onde as pessoas começassem a morrer de forma repentina e desconhecida. Quais profissionais você chamaria para tentar solucionar o problema?

Nesta pergunta, tivemos como intenção enxergar se, fora do contexto escolar, os estudantes também compreendem a pouca ou nenhuma possibilidade de diálogo entre os diversos profissionais das mais variadas áreas. Pudemos perceber que todos parecem crer que cientistas e médicos, de variadas especialidades, seriam os profissionais mais indicados para solucionar o problema em questão. Todos parecem acreditar que o trabalhar em conjunto de pessoas que são especialistas em áreas diferentes é de longe a forma mais eficiente de encurtar o tempo para alcançar os resultados esperados. Que ainda que um médico descobrisse ser um vírus novo que estivesse causando o problema, teria dificuldade em construir sozinho uma medicação para promover a cura. Aqui, vê-se claramente a interdisciplinaridade como pedra fundamental do que nos promove a qualidade de vida do mundo moderno, muito embora eles tenham bastante dificuldade em transportar o mesmo paradigma para o contexto escolar (FAZENDA; TAVARES, 2008).

6. Você aprendeu alguma coisa durante o desenvolvimento da horta?

Nenhum aluno citou como resposta algo que seus colegas haviam citado. Alguns falaram sobre pH, outros sobre adubação do solo, reprodução de plantas e os mais variados temas abordados ao longo do projeto. Todos estes temas, entretanto,

estavam invariavelmente relacionados a conteúdos práticos. Mesmo pH, foi uma atividade desenvolvida de forma prática. Fomos até o laboratório, preparamos soluções, aprendemos a utilizar papel indicador, realizamos titulações ácido-base, entre outras atividades correlatas. De forma que, ainda que inúmeros outros conteúdos pudessem ter sido aprendidos ao longo do projeto, os mais marcantes parecem mesmo ter sido os saberes práticos. Não por sua essência em si, sua natureza; mas parece estar ligado ao fazer, ao ser sujeito ativo do aprendizado. O próprio Jujunik pontuou neste sentido, em outra questão: que o fato deles mesmo pegarem na terra, produzirem com suas próprias mãos os vasos e tudo o que utilizamos foi fundamental para que eles tivessem de fato valorizado cada detalhe que os estavam sendo ensinados.

7. *Os conhecimentos aprendidos na horta têm alguma relação com os conteúdos aprendidos na escola?*

No quadro 2, a seguir, apresentamos as disciplinas atreladas ao projeto por cada um dos estudantes entrevistados. Cabe pontuar aqui que muitos outros estudantes participaram do projeto em alguma parte dele; em razão de diversos motivos pessoais, quase metade deles não puderam participar do projeto do início até o fim. Há ainda um estudante que embora tenha participado de todas as etapas do projeto, acabou não podendo ser entrevistado. Neste quadro, estarão presentes assim apenas os que puderam ser entrevistados pessoalmente e participaram do projeto de forma integral.

Quadro 2 - disciplinas correlatas ao projeto na visão dos discentes

Discente	Disciplinas mencionadas
Michael	Biologia, química, física, matemática
Daniel	Biologia, química, física.
Alicia	Biologia, química.
Bart	Biologia, química, geografia
Gisele	Biologia, química.
Gigliola	Biologia, química, física, matemática
Jujunik	Biologia, química, física, matemática
Ana	Biologia, química, física, matemática, português.

Na condução desta pergunta, fomos enfáticos no sentido de pedir aos estudantes que focassem nos conteúdos abordados no projeto, não nos professores participantes. Ainda assim, não podemos garantir que a racionalidade se impôs sobre o inconsciente; se nosso pedido foi o bastante para dar caráter tecnicista ao discente nesta reflexão. Não poderíamos garantir isto, nem se o fizéssemos com os professores que, em tese, são cientificamente mais maduros que os discentes. Todavia, chamou-nos atenção o aluno Bart ter pontuado a disciplina de geografia ao projeto. Quando o questionamos de que forma ele enxergava a geografia no contexto da horta, ele nos respondeu que no sentido de preocupação com o meio ambiente, pelo fato de termos reciclado um material de alto impacto ambiental como as garrafas PET, a transformação de restos de comida em adubo (algo que, embora não descrito neste projeto, foi executado juntamente com muitas outras atividades inerentes ao projeto), nossa preocupação em regar as plantas em horários de baixa intensidade solar, a fim de evitar desperdício de água potável por evaporação. Bart creditou a disciplina de geografia como a responsável por trazer esse tipo de reflexão em sala de aula. A aluna Ana também nos trouxe uma outra disciplina como sendo relevante, a língua portuguesa. Pareceu dar relevância da língua portuguesa, como ferramenta facilitadora do trabalho e não como ciência propriamente dita. Isto porque sua contribuição foi atrelada à leitura dos artigos científicos norteadores das atividades que eles haviam lido no *start* do projeto e também na produção das anotações que

realizamos ao longo de toda a pesquisa, afim de que pudéssemos bem catalogar nossos feitos.

8. *Seria possível que a escola ensinasse apenas através de projetos, sem as aulas das disciplinas? Por quê?*

Embora alguns estudantes tenham retratado o caráter mais dinâmico, envolvente, imersivo do aprendizado por projetos como o da horta, eles foram uníssonos ao tratar este tipo de atividade como sendo complementar às aulas disciplinares, que ocorrem no contexto escolar. Disseram que tudo quanto aprenderam na horta requereu conhecimentos desenvolvidos ou aperfeiçoados no contexto de sala de aula; que sem esta fundamental vivência escolar o aprendizado possibilitado pelo projeto seria muito mais limitado, menos abrangente e menos impactante. Bart ainda observou que o empenho no projeto é, também, uma característica particular do discente. Que alguns podem sentir-se estimulados com a mecânica do projeto, mas que outros não.

Alguns estudantes alegaram estar saindo da horta, por não terem afinidades com o tipo de prática desencadeada; outros, entretanto, buscaram ingressar na atividade justamente por conhecerem sua dinâmica. Há ainda os que trouxeram argumentos evasivos para justificar suas saídas do projeto; explicações que não resistiram a uma curta observação de uma semana, e que nos arriscamos a crer que possam também estar ligados a não empolgação pessoal com a tipologia do projeto. Ana ainda disse crer que uma das razões de muitos jovens não gostarem das disciplinas de ciências é por não terem participado de projetos com atividades práticas como este. Que estar aplicando conceitos aprendidos em sala de aula em atividades práticas deveria ser atividade obrigatória no contexto escolar e que isto colaboraria de forma significativa para que os discentes pudessem ver uma aplicação objetiva dos conhecimentos teóricos, apresentados pelos professores na rotina escolar. Apontou inclusive que este projeto, em conjunto com sua curta experiência no programa *futuras cientistas*, foi crucial para que ela tivesse convicção de que ela realmente deveria construir sua carreira nesta área. Ela ainda citou a etnomatemática como sendo uma área de ensino de matemática focada em inserir os conteúdos disciplinares, aprendidos pelos discentes, em uma situação cotidiana, objetiva e essencial ao

exercício cidadão. Que este ramo era um esforço recente dos matemáticos para atrair jovens a continuarem o desenvolvimento desta célebre disciplina.

4.4 Entrevistas dos professores

Faremos aqui uma análise bastante objetiva das respostas dos professores. É preciso ressaltar que todos eles foram introduzidos aos conceitos de multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, no início do projeto, ao fim do ano de 2018. Lemos e discutimos o artigo “Interdisciplinaridade e integração dos saberes” da autora Olga Pombo (encontra-se nas referências). Mesmo assim, tivemos professor alegando desconhecer o termo transdisciplinaridade. Devemos confessar que não foi uma preocupação do projeto ficar enfatizando para professor, tampouco para estudantes, os conceitos destas atividades. Preocupamo-nos, de fato, em construir uma atividade em que, de alguma maneira, os saberes disciplinares pudessem dialogar e permitirem que o conhecimento fosse perseguido de maneira diferente do habitual no contexto escolar, proporcionando assim uma aprendizagem mais ampla para os estudantes.

Daqui para frente passaremos a tratar eventualmente do objetivo das perguntas, quando compreendermos que o texto possa não ser suficientemente claro, apresentar as perguntas e sintetizar a resposta dos docentes.

Nesta primeira pergunta, buscávamos compreender como os professores compreendem a relação entre os diversos campos científicos, sobretudo em relação à sua disciplina.

1. *Em sua visão, há alguma relação entre as disciplinas escolares de química, física, matemática e biologia? Se sim, de que maneira?*

Observamos na entrevista que o professor Walker compreende a matemática como uma ferramenta, uma linguagem, essencial para o desenvolvimento da física. Chega a citar a estática, um dos conceitos elaborados ao longo da prática baseada na horta, como um dos assuntos impossíveis de serem estudados sem o saber matemático. O próprio professor chega a citar que há uma ala da física, da qual ele é

adepto em certa medida, que tenta humanizar a física, no sentido de reduzir o rigor matemático para privilegiar os conceitos físicos. Mas que neste tópico disciplinar da física, por exemplo, não seria possível abrir mão da matemática. Ele destaca ainda que a química é coirmã da física, por estudar a mesma coisa sobre ponto de vista diferente. Enquanto a química estuda a matéria de forma intrínseca, a física o faz de forma extrínseca. Atribuindo estes termos ao sentido microscópico e macroscópico da matéria. Por fim, disse entender que com a biologia há confluência de saberes, mas que ele próprio tem dificuldade de enxergá-las. Citou a atividade neuronal como um campo comum as duas disciplinas, mas enfatizou ter dificuldade de visualizar outros saberes sob a égide destas áreas do saber.

Por outro lado, o professor Guerreiro atribuiu o grau de interação entre os ramos do saber ao ponto em discussão. A depender do projeto constituído pela equipe polidisciplinar (e aqui este termo está sendo utilizado no sentido de várias disciplinas, o qual não estamos utilizando multidisciplinar para que não se confunda com o contexto aplicado neste trabalho ao termo) é possível que uma mesma matéria possa interagir mais ou menos com outra em específico. É uma questão de demanda do objeto de estudo, finaliza o professor.

A professora Themis aponta que todas as disciplinas dialogam com a matemática, porque esta seria “...a mãe de todas as ciências”. Ao discorrer sobre esta relação, ela deixa claro que isto ocorre quando as disciplinas se apropriam dos fundamentos da matemática, para solucionar problemas próprios. Cita como exemplo o uso da biologia dos conceitos de probabilidade e porcentagem em genética, das funções e equações matemáticas nos diversos assuntos de física e assim por diante. A própria professora parece corroborar com a ideia de que a matemática atua como ferramenta no ensino e não como ciência que apresenta vida própria e olhar complementar ao destas disciplinas.

O professor Clodoaldo acrescenta que cada disciplina tem o seu alcance, mas que outros saberes podem trazer uma visão complementar para aquela, permitindo uma visão mais completa do objeto de estudo. Cita o caso da energia, por exemplo, como sendo um saber que tem vários contextos: o físico, o químico, o biológico. Neste sentido, acaba por citar a matemática como um instrumento de medida desta energia. Novamente, a matemática é amplamente compreendida como uma ferramenta com

vida dependente dos outros saberes científicos. Discorrer sobre o porquê disto, sem que haja uma investigação específica e aprofundada, pode ser tentador, porém não o faremos aqui para que não saíamos do foco do trabalho nem tampouco acabemos por mergulhar no campo das suposições.

2. Considerando que há 2 mil anos não havia divisão disciplinar do conhecimento e que em algum momento os saberes foram separados em áreas do saber. Você tem alguma ideia de o porquê destes conhecimentos serem repartidos?

Nesta questão, parece haver alguma unanimidade no sentido de que todos enxergam que o aumento exponencial do conhecimento produzido pela sociedade moderna torna impossível que uma mesma pessoa possa dominar vários campos do saber. Nenhum deles foi capaz de atribuir a compartimentalização dos saberes aos pressupostos de cada campo do saber, a particularidade de seus objetos de estudos. Também não conseguiram discorrer sobre como um grupo de saberes é compartimentalizado em uma disciplina; enxergam, porém, que há conteúdos científicos que são inerentes a mais de uma disciplina, embora sejam estudados de forma diferentes. O professor Walker citou o caso da quântica, uma área em que química e física se confundem ao seu ver, como uma ciência única. Não havendo distinção entre seus olhares, leis e afins.

A professora Themis, embora também tenha assumido como necessário o repartir do saber dada a gigantesca massa de conhecimentos científicos, reconhece que em muitas situações, inclusive a escolar, é necessário que estes saberes repartidos dialoguem. Citou com bastante ênfase um tratamento de câncer de mama, que precisou se submeter; ao longo deste processo ela afirma ter percebido bastante interação e confluência de saberes especializados em torno de sua causa, a busca pela cura de seu câncer. Neste episódio, afirmou-nos que havia cooperação entre mastologista, oncologista, cirurgião e radiologista. Segundo a professora, os médicos ligavam uns para os outros na frente dela e compartilhavam informações de suas áreas específicas do caso dela e isto, em sua opinião, facilitou bastante seu tratamento médico; não só por tornar desnecessário que ela precisasse explicar a situação a cada especialista, mas também para que eles pudessem discutir como

cada um poderia intervir da melhor maneira para que todo o tratamento fosse o mais bem-sucedido possível. Aqui, a professora, sem ter a exata dimensão, descreveu conscientemente sobre o que tratamos como interdisciplinaridade neste trabalho. Que é preciso que haja as visões especializadas, as disciplinas, e o diálogo entre elas faz com que o produto esperado possa ter um resultado consideravelmente melhor. Se na situação em específica narrada ela referia-se a seu tratamento de saúde, no campo da educação seria a aprendizagem. Em suas respostas posteriores, ela também demonstra reconhecer o princípio do ensino interdisciplinar como necessário mesmo não sabendo conceituá-lo.

O professor Clodoaldo ainda pontuou que os grandes pensadores como “...Newton, Einstein e vários outros cientistas realizaram grande descobertas em uma área específica do saber.” Há verdade no que o professor fala, entretanto precisamos pontuar que, embora estes pesquisadores tivessem concentrado seus resultados em especificidades das ciências, suas formações eram bem amplas. O Estado de Pernambuco vislumbrou o caso do Professor Ricardo Ferreira, que embora tivesse formação inicial em química, abarcou em sua formação cursos nas áreas de física e biologia; atingiu no auge de sua produção acadêmica estudos de caráter amplamente interdisciplinares, permeando a física, química e a biologia (“Entrevista do Prof. Ricardo Ferreira concedida a André Galembeck (IQ-UNICAMP) e Cilene Vieira (Ciência Hoje)”, 1988).

3. Ao longo de sua vida profissional, você teve contato com os termos multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar? Sabe diferenciá-los?

Nesta questão, nenhum dos docentes conseguiu classificar minimamente nenhum dos termos, houve na verdade uma grande confusão. A exceção do professor Walker, da disciplina de física, todos afirmaram já terem ouvido falar dos três conceitos, seja em sua formação acadêmica ou em formações continuadas, algo constante para docentes da Rede Pública Estadual de Ensino de Pernambuco. O professor Walker acusou ter tido contato apenas com a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade, não sabendo, entretanto, apontar a distinção entre elas. Apesar desta dificuldade denotada por seu discurso inicial, disse entender que a escola brasileira hoje é fundamentada sobre a multidisciplinaridade, uma vez que cada

professor atua ensinando sua disciplina de forma totalmente isolada dos demais. Apontou que acreditava que a interdisciplinaridade era algo “amplo e não plenamente alcançado na escola”. O professor Clodoaldo pontuou neste momento sobre a importância das reuniões entre professores para planejamento de atividades “deste tipo”. “Como os professores têm muitas particularidades, alguns com aulas em outras escolas, outros com condições pessoais específicas, outros pela simples falta de interesse; fica impossível planejar atividades como estas que permitam uma melhoria na educação”. Percebemos aqui, no discurso do professor, uma fé de que qualquer destas atividades teria potencial para fazer a educação melhorar ainda que ele não soubesse exatamente a que se propunha cada uma destas metodologias de ensino-aprendizagem.

4. Observando a figura 4, é possível associar as imagens aos conceitos multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar? Por quê?

Mostramos aqui a figura 4 deste trabalho, (ver página 40), uma imagem importada do trabalho de Olga Pombo (POMBO, 2013). Nossa expectativa era de que, usando a imagem como ferramenta de condensação de ideias, um primeiro e breve momento que tivemos ao início do projeto sobre as metodologias educacionais e suas experiências formativas os professores pudessem dirimir, ao menos em parte, suas dúvidas acerca destas metodologias didáticas de ensino. O professor Walker conseguiu compreender como a imagem referente ao paralelismo, em que as disciplinas menos se relacionam, na qual há maior isolamento. Atribuiu, entretanto, a definição de transdisciplinaridade para esta. Acreditou que a imagem do perspectivismo era a que apresentava a maior relação entre os saberes a chamando de interdisciplinar. Apontamos, porém, a imagem do holismo como semelhante à do paralelismo, no quesito interação entre as disciplinas, indicando esta como mais integradora dos saberes que a do perspectivismo (multidisciplinaridade) e menos integradora que a imagem do holismo (transdisciplinaridade). Alegou que enxergava um certo paralelismo nesta imagem “...apesar delas convergirem de certa forma. ” Avaliando as imagens, o professor Guerreiro enxergou a imagem do perspectivismo como um ensino multidisciplinar, com as disciplinas trabalhando de forma paralela, mas isoladas.

Na imagem do perspectivismo e holismo, demonstrou grande confusão entre seus significados, concluindo que ambas convergiam em direção à produção do saber. A professora Themis foi a que mais se aproximou dos conceitos adotados neste trabalho; atribuiu a imagem do paralelismo ao isolacionismo dos saberes na prática pedagógica, atribuiu a transdisciplinaridade como uma “transcendência do saber através da junção dos saberes” e atrelou ela a imagem do perspectivismo (caracterizado por Pombo como interdisciplinaridade) e finalizou dizendo que a interdisciplinaridade consistia na fusão das disciplinas em uma só, acusando esta de relacionar-se à imagem do holismo. Certamente, em termos de definições, a professora Themis foi a que mais se aproximou embora tenha trocado os substantivos. Parece-me aqui um problema mais de nomenclatura do que de conceituação, embora haja insuficiência de fundamentação acerca dos temas, carecendo conjuntamente com todos os demais colegas de leitura para construção dos pilares epistemológicos destas metodologias.

O professor Clodoaldo também atribuiu a imagem do paralelismo à modalidade multidisciplinar de ensino, em que inexistiria diálogo entre os saberes disciplinares. Podemos crer que, embora as imagens por si só não fossem capazes de dar sentido ou mesmo compactar saberes significantes, a imagem do paralelismo foi a que mais se aproximou de orientar o docente na linha do que ela de fato se propunha a dizer; a do isolacionismo disciplinar. Possivelmente, esta visão seria muito melhor acomodada em suas ideias se pudessem fazer levantamentos bibliográficos mínimos acerca da temática; tal como está disposto no artigo, seria possível identificar a relação entre as linhas representantes dos saberes disciplinares.

5. *Em relação às aulas temáticas desenvolvidas na escola, em qual categoria eles se enquadram na sua opinião?*

Aqui, os professores demonstraram visões diversas acerca da atividade, mas todos fizeram referência ao tema norteador como indutor da Interdisciplinaridade. É bem verdade que o tema escolhido para conduzir a atividade tem alguma relevância na modelagem alcançada por ela, mas não podemos ser ingênuos de crer que ele por si só seja gerador de interdisciplinaridade. Como bem pontuou a professora Themis, a atividade dependia mais do tema escolhido. De acordo com o que era proposto as

disciplinas, conseguiam dialogar com maior ou menor intensidade, acerca do fenômeno estudado e das contribuições disciplinares para a temática. Na visão dela, deixamos a desejar no produto entregue aos estudantes ao longo do ano de 2019; justifica a docente que a ausência de tempo para reuniões destinadas à estruturação da atividade comprometeu seriamente não só o desenvolvimento delas, mas também seus resultados alcançados. Aqui, a professora remonta ao tempo exaustivo de reuniões dedicadas à burocracia educacional, ocupando 4h semanais de trabalho para se debater temas quase sempre repetitivos atrelados à legislação educacional e às metas educacionais propostas pelo Governo do Estado, e a ausência de espaço concedido pela escola para que os professores pudessem desenvolver atividades que realmente impactassem o cotidiano escolar.

Não se trata aqui de ignorar a necessidade de observância e reflexão a respeito da legislação e metas educacionais, mas a compreender que focar todo seu cerne de trabalho no ponto de chegada, sem que se possa trabalhar nos caminhos que nos conduzirão até lá é equiparável aquele que sonha, mas não executa, não busca, não faz por onde alcançar seus objetivos. Ao fim de 2019, os professores de ciências da natureza se posicionaram firmemente em prol de um tempo dedicado a estruturar atividades integradoras entre os saberes disciplinares, a fim de que esforços pudessem ser somados rumo a uma aprendizagem efetiva, capaz de impactar de forma mais significativa a vida do entorno escolar; quer seja o bairro ou mesmo cidade em que estamos inseridos.

Na visão do professor Walker, estas aulas, produzidas com ao menos dois professores de saberes diferentes em sala, tinham o ponto forte de "...despir o professor de suas vaidades para que ele pudesse aprender com o colega, enxergar o mundo sob uma nova ótica." Cabe, de fato, ressaltar que em atividades colaborativas o estudante é o nosso principal objetivo, mas pela natureza do trabalho a vida do docente e seu fazer laboral acabam sendo inevitavelmente transformados; não sob a égide de uma norma, mas através de um exemplo prático com poder para nos arrastar em virtude de sua essência. O professor Walker pontua também que este tipo de atividade deveria ser multiplicado no chão da escola, poderia ser algo constante e não esporádico como têm sido em nossa realidade escolar, uma vez que este tipo de atividade é realizado não mais do que quatro ou cinco vezes por ano.

O professor Guerreiro pontuou que a atividade talvez fosse arrastada em direção à multidisciplinar, pela resolução de questões disciplinares. Aqui, cabe pontuar que a interdisciplinaridade não implica abrir mão da individualidade disciplinar, mas de saber usar estes pressupostos para compor um cenário de maior complexidade. É importante refletir que não estamos diante de algo binário, ou isto ou aquilo; o fazer interdisciplinar é um ato progressivo que vai sendo elevado à medida em que há maior cooperação entre os saberes. Além de não termos condições de precisar em que momento uma atividade é multidisciplinar ou interdisciplinar, e aqui parece que ninguém pode de forma categórica.

O professor Clodoaldo chegou a pontuar que no desenvolvimento de temas como o da energia, em alguns momentos a atividade, parecia se tornar transdisciplinar, uma vez que ficava bastante difícil distinguir sequer a linguagem técnica disciplinar, para discutir um termo que parecia ser onipresente a todas as disciplinas envolvidas nestas atividades.

6. *Em relação à horta desenvolvida na escola, em qual categoria eles se enquadram na sua opinião?*

Poderia se supor que nesta atividade haveria consenso entre os docentes de que era a de caráter mais interdisciplinar. É aí que entra a subjetividade dos sujeitos; para o professor Walker, o fato de embora discutirmos o mesmo problema complexo, ao qual uma única disciplina era incapaz de dar conta, as constantes intervenções monologas conduzidas por uma só disciplinar contribuíam severamente para que a atividade fosse multidisciplinar. Ele ainda atribuiu que as constantes intervenções na fala de um professor sobre a do outro, aplicados nos aulões, eram determinantes no considerar da colaboração disciplinar. Talvez estejamos aqui diante mais de uma situação clara de não consolidação do conceito interdisciplinar do que propriamente dito de uma atividade multidisciplinar. Não são as constantes interrupções de falas que fazem emergir o caráter interdisciplinar das atividades, mas o grau de coordenação entre elas a fim de que um destino comum possa ser alcançado.

Quanto ao professor Guerreiro, talvez por sua experiência como pesquisador em laboratório de pesquisa da UFPE por anos, vivenciamos incontáveis episódios nos

quais ele acreditava ser o objetivo principal da atividade o ensino do método científico para os estudantes. Apesar de ser o professor que por mais vezes teve acesso ao pensar das atividades, ao ser o primeiro a saber de que os objetivos de estudantes e docentes eram distintos, ainda assim ele acabava por compulsivamente retomar a ideia de que estávamos treinando os discentes para uma visão objetiva e mecanicista da ciência. Desde o princípio, foi explicitado para todos os docentes que nós utilizaríamos de uma atividade de pesquisa para os estudantes para produzirmos uma atividade de ensino e aperfeiçoamento do ensino através da pesquisa-ação participante.

A professora Themis aponta para algo fundamental neste tipo de atividade: o tempo de elaboração e execução. Era indiscutível o quanto tínhamos mais trabalho na elaboração das atividades relacionadas à horta em razão da necessidade de coordenar as ações, que raramente ou quase nunca poderiam ser pensadas de forma isolada do contexto das outras disciplinas e/ou do objetivo pedagógico final. Algo que nos chamou atenção na fala da professora é o fato dela, pontuar a transformação vivenciada por ela no fazer docente.

“...enquanto minha geração era formada por estudantes que repetiam sem questionar os mecanismos propostos pelos professores, a geração atual emplaca um por que atrás do outro. Entrei em parafuso ao me tornar professora e me deparar com uma infinidade de porquês. Por que preciso aprender isto? Por que isto me fará uma pessoa mais preparada? Por que...? Por que...?”(Themis)

Na perspectiva do professor Clodoaldo, esta atividade era majoritariamente transdisciplinar, uma vez que concentrava atuações disciplinares sobre um tema que era essencialmente biológico. Aqui, não foi possível inferir ao certo o que o professor quis dizer. Mesmo com o questionamento não foi possível inferir o que ele tentava consolidar, enquanto ideia a este respeito. Arrisco-me a dizer que esta ideia precisa ser melhor acomodada na mente do professor, de forma que ele mesmo possa atribuir significado sólido e nos comunicar, fazendo-se compreender.

7. *Em relação às feiras de ciências desenvolvidas na escola, em qual categoria elas se enquadram na sua opinião?*

Nesta questão, os professores foram unânimes ao apontar a atividade da feira como multidisciplinar. A razão central deste diagnóstico era o fato de, apesar do tema

norteador, cada grupo de estudantes ser orientado acerca dos pilares de apenas uma disciplina, inexistindo diálogo entre os saberes disciplinares que a prática interdisciplinar exige.

8. *Em qual destas três atividades você enxerga maior interação entre as disciplinas?*

Houve aqui grande dispersão nas respostas dos docentes. O professor Walker apontou aqui que entendia haver mais diálogos nos aulões e menor interação justamente na atividade da horta. É difícil precisar o porquê desta visão; se pela subjetividade do sujeito, se por sua disciplina ser eventualmente menos acionada ao longo da atividade, em função da natureza do problema em discussão, se a ausência de experiências do professor em relação a mecanismos vivos como uma horta.

O professor Guerreiro apontou a horta como necessitando de maior diálogo entre os saberes disciplinares, para concretização da atividade e menor nos aulões, porém dando ênfase à ideia de que a feira inexistia diálogo entre as disciplinas, tendo em vista o desenvolver compartimentalizado de cada projeto, sobretudo por muitas das atividades dos estudantes terem como culminância um experimento essencialmente disciplinar. Pontuou ainda que a prática interdisciplinar estava mais atrelada à formação docente do que ao objeto de estudo em si. Que até pela prática rotineira da maioria dos professores ser isolada em sala de aula, isto construía um muro entre as disciplinas de difícil transposição.

A professora Themis atribuiu a horta uma maior necessidade de diálogo entre as disciplinas: "...até por ser uma atividade disciplinar e de longa duração. Ela acaba exigindo mais reflexão e permitindo mais conclusões..." atribuiu aos aulões o menor diálogo entre as disciplinas, pelo fato destes findarem-se na resolução de questões próprias de uma ciência, embora houvesse uma temática norteadora.

O professor Clodoaldo curiosamente atribuiu à feira de ciências um maior diálogo disciplinar pela complementaridade dos trabalhos. Acredito estarmos diante de um docente, que acredita que o simples juntar dos fragmentos do saber científico é capaz por si só de estabelecer a interdisciplinaridade. Atribuiu menor diálogo entre as disciplinas nos aulões, tendo percepção muito semelhante à da professora Themis.

9. Quais disciplinas seriam necessárias para compreender todo o cultivo da horta?

A fim de simplificarmos a apresentação das respostas desta questão e da próxima questão, apresentamos os quadros 2 e 3 respectivamente que são, ao meu ver, autoexplicativas.

Quadro 3 - Relação de disciplinas enxergadas pelos professores

PROFESSOR	DISCIPLINAS ENXERGADAS
Walker (prof. Biologia)	Biologia, química e física
Themis (profa. Matemática)	Biologia, química, física, matemática e geografia.
Guerreiro (prof. Química)	Biologia, química, física, matemática e geografia.
Clodoaldo (prof. Física)	Biologia, química, física, matemática e geografia.

10. Quais tópicos de cada matéria você visualiza?

Quadro 4 - Relação disciplina-conteúdo na visão dos professores

PROFESSOR	RELAÇÃO DISCIPLINA-CONTEÚDO
Walker	Biologia com botânica; Química com cadeias carbônicas e Física com fotossíntese e termologia.
Guerreiro	Biologia com fisiologia/morfologia vegetal, osmose, nutrição, fotossíntese, relações ecológicas; Química com pH do solo, lixiviação de nutrientes, osmose e impacto ambiental; física com luz, evapotranspiração, fotossíntese e temperatura do solo. Matemática com medições.
Themis	Biologia com botânica, crescimento dos vegetais, nutrição; Química com adubo, fotossíntese, adubo, água e pH; Física com luz e temperatura;
Clodoaldo	Química com fatores abióticos e ciclos biogeoquímicos; física com luz, gravidade e estados físicos da matéria; Matemática com medição e comparação; Geografia com agricultura e sustentabilidade.

Cabe pontuar que, apesar de quase todos os professores citarem geografia como uma disciplina que enxergam ter a ver com o projeto da horta, apenas o professor de biologia conseguiu associar conteúdo da disciplina de geografia ao projeto. Também foi curioso o fato de os professores de biologia e matemática não terem citado tópicos de suas próprias disciplinas como parte da atividade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto, pudemos observar a gradual mudança na visão de estudantes e professores a respeito da natureza interdisciplinar do mundo. Se antes eles associavam o cultivo de feijão a uma atividade meramente sustentada pela biologia, à medida em que as intervenções disciplinares eram realizadas foi possível perceberem sua característica indissociável das demais disciplinas. Discentes e docentes puderam enxergar que cada ciência era como uma parte de um quebra-cabeça, que só faria sentido com a colaboração das demais.

Foi possível perceber a importância da matemática como ferramenta para quantificação e significação de parâmetros físicos (torque, centro de massa, etc.) e químicos (pH, concentração de soluções, etc.). Também se inferiu a relevância da física por meio do equilíbrio estático vegetal (gravitropismo e fototropismo) para sobrevivência ao ataque de predadores, em uma reação ecológica centrada na biologia. Pudemos observar a importância da química, a partir da influência do pH do solo, na absorção de nutrientes e o desenvolvimento vegetal. Com estes e muitos outros elementos apresentados nesta dissertação (e muitos outros não citados no corpo deste texto), foi possível clarificar para discentes e docentes o quão importante é que sua atuação cidadã esteja alicerçada por uma atitude interdisciplinar. Para tal, sendo necessária a cooperação disciplinar para uma visão completa do problema que se pretende compreender.

Considerando um contexto de ensino isolado, mecânico e muitas vezes entediante, tal qual o realizado nos últimos 300 anos, cremos que a aplicação de uma modalidade de ensino por projeto, fundamentado em contexto local, norteado por parâmetros naturais, com todos os docentes envolvidos, lançou-nos fora de nossas confortáveis caixinhas do saber disciplinar. Permitiu que estudantes pudessem, em alguma medida, concretizar através desta experiência prática o que eles apresentavam, por meio de seus discursos quase que de forma totalmente abstrata, no que se refere à funcionalidade social daquilo que lhes é ensinado no contexto escolar. Mais do que isto, sacudiu uma equipe de professores (uma parte, é bem verdade), lançando sobre eles o protagonismo que em parte já havia sido esquecido. Sendo o professor contemporâneo muito menos o portador do saber do que fora um século atrás, muito mais um gestor do aprendizado (se considerarmos que temos um

grande número de mecanismos de obtenção de informação, muitas vezes já discutidos e interpretados, estão ao alcance de um *click* na rede mundial de computadores; ou deveríamos dizer smartphones?), um verdadeiro catalisador de inspiração na vida de seus estudantes. Vimos retomar em nós a consciência de que a aparente apatia de nossos estudantes não é apenas fruto da geração atual e suas mazelas, mas também de que temos falhado ao nos acomodarmos, permitir-nos cristalizar no fazer docente.

A horta, ancorada na pesquisa-ação participante, permitiu-nos iniciar um espiral de reflexão docente, que jamais nos permitirá tornar ao mesmo ponto. Refletimos nossas práticas docentes individuais e coletivas, estimulamos estudantes a cobrar de nós uma quebra da inércia, um mover-se em direção ao novo. O que parecia ser, quem sabe, um cumprimento protocolar de uma das muitas exigências para obtenção de um título de mestre, mostrou-se como uma singular oportunidade para revermos não nossas falhas, mas sobretudo nossas potencialidades; mais ainda, pudemos enxergar que juntos, de forma coordenada, podemos construir trabalhos muito mais amplos, capazes não só de colaborar com a construção do saber significativo na vida de nossos jovens estudantes, mas também nas nossas próprias vidas.

É certo que ainda há muito que evoluirmos neste sentido, mas a prática cíclica do observar, refletir, agir, avaliar, modificar e do tornar a observar nos tirou da inércia; permitiu-nos compreender que a pesquisa-ação participante é uma ferramenta poderosa que pode nos permitir progredir em direção a uma educação de qualidade, não só pelo aperfeiçoamento da técnica, mas também pelo desenvolvimento do saber docente que pôde, por meio desta prática escolar ser, ao menos em parte, descompartmentalizada. É bem verdade que a prática em si exigiu muito esforço individual e coletivo, uma vez que era uma atividade desenvolvida para além do currículo escolar, em horário adicional ao da escola (compreendido por 8 turnos para docentes e 7 turnos para discentes), sem que se fosse possível exigir a presença dos discentes ou garantir a dos docentes envolvidos, exceto pelos seus próprios desejos pessoais de colaborarem.

Também é verdade que por muitas vezes as atividades escolares, promovidas por outras disciplinas ou mesmo pela secretaria de educação, acabavam por atrapalhar e atrasar nosso cronograma, seja pela desmobilização de estudantes e/ou

professores em razão do desenvolvimento de outras atividades paralelas da escola que precisavam ocorrer a despeito de nossas vontades. Não obstante, o cansaço de uma rotina de trabalho exaustiva, com todos os docentes trabalhando em três turnos (algo clássico na vida do professor brasileiro em razão dos baixos salários que lhes são ofertados), também acabaram por algumas vezes atrasar nossos planejamentos e execução de atividades; concluimos, porém, que força de vontade e o desejo por uma educação transformadora são o único combustível capaz de nos permitir vencer as adversidades que a vida (e a própria realidade educacional em que estamos inseridos) nos impõe a seguir adiante no caminho inesgotável do fazer evoluir a educação.

Por meio dos encontros para planejamento de atividades ou mesmo discussão sobre como solucionar problemas inesperados, pudemos reativar nossa inquietação de pesquisadores que somos, porque não dizer, cientistas do fazer docente. Ao nos depararmos com alguma situação desafiadora, cujo nosso saber limitado, porquanto fragmentado que é, não nos permitia vislumbrar saída, pudemos ver emergir conhecimento através do somar de nossas visões disciplinares. Afinal de contas, visão monocular nunca permitiu boa noção de profundidade na imagem observada por nossos olhos. Foi ao pôr para colaborar nossos saberes e olhares que vimos emergir a visão multidimensional da interdisciplinaridade em oposição à unidimensional disciplinar, que pudemos contribuir para fazer avançar a educação em nosso contexto escolar.

Embora este projeto tenha chegado ao fim, enquanto mestrado, ele se espalhou pela escola, em uma investigação que se mostra sem fim, em um contínuo a crescer exponencialmente, paradoxalmente ao que este trabalho se propôs a fazer, que é a interdisciplinaridade, pegamo-nos em nossa última reunião recortando nosso aparente infinito mapa conceitual; digo infinito porque não pararam de emergir novos conceitos, às vezes disciplinares, às vezes interdisciplinares. Tantas dimensões de um trabalho que só um recorte daquilo que se propõe a ser interdisciplinar pode permitir ampliar nosso limitado raio de ação educacional.

Cabe salientar que ao fim desta atividade, iniciamos um processo de semeadura de alguns frutos e hortaliças, utilizados na cozinha da escola (pimentão, tomate, alface, pepino, entre outros) os quais já estão em plena produção. Nosso

objetivo para o ano letivo de 2020 é ir além da temática do cultivo vegetal e caminhar em direção à discussão de tópicos ambientais pertinentes à produção sustentável de alimentos. Com isto, pretendemos dar um novo pano de fundo para a construção de uma outra atividade interdisciplinar, que possa atingir um nível de integração dos saberes superior ao que alcançamos no cultivo de feijoeiro, inclusive permitindo que mais professores de outras áreas (empreendedorismo, geografia, história, entre outras) possam se integrar ao projeto. Isto só será possível em razão da reflexão e do engajamento coletivo daqueles que são os pilares da educação: os professores (TRIPP, 2005)!

Nem tudo é música e poesia; temos os desafios que nos são impostos: falta de recursos materiais, estrutura, jornada exaustiva entre outros muitos obstáculos que tornam a prática docente ainda mais admirável. Mas seguimos, com o sentimento mais forte do que quando começamos este projeto, de que vale a pena promover a educação que arranca as amarras do ensino mecanicista e liberta as mentes em direção aos mais sublimes sonhos; aqueles que só o conhecimento é capaz de permitir. Vai continuar valendo a pena, à medida que olharmos para o presente e enxergarmos com nossos próprios olhos, que podemos ser a ferramenta que contribui para uma educação que é hoje melhor do que foi ontem.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. V. de.; MELO, S. H. D de.; BARBOSA, L. F.; AMARAL, E. M. R. do. **O paradigma da simplificação versus o paradigma da complexidade nas ações de Interdisciplinaridade complexity in the actions of Interdisciplinarity**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2017. p. 1-8.
- BARBOSA, F. R.; SILVA, C. S. B. DA; CARVALHO, G. K. DE L. **Uso de Inseticidas Alternativos no Controle de Pragas Agrícolas**. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes, 2011.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve história da ciência moderna, vol. 4: A belle-époque da ciência (séc. XIX)**. 1. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.
- CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Red de revistas científicas da América Latina y el Caribe**, v. 26, n.4, p. 1011-1022, 2002.
- CAMARGO, A. P. DE; FREIRE, E. S. Adubação da batata doce em São Paulo: Métodos de aplicação de NPK e esterco. **boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 21, n. 36, p. 639–652, 1962.
- CAPRA, F. **A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CARDOSO, C. M. **A canção da inteireza: visão holística da educação**. 1. ed. São Paulo: Summus editorial, 1995.
- CAVALCANTE, A. V.; NETO, J. E. S.; SILVA, F. C. V. DA. Como os alunos observam a Fragmentação no ensino de ciências. **Mens agitat**, v. 7, p. 15–20, 2012.
- CHAGAS, A. P. Teoria ácido base do século XX. **Química Nova na Escola**, v. 09, p. 28–30, 1999.
- CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004a.
- CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino?** 2. ed. Canoas: Ulbra, 2004b.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W. R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 28, p. 257–274, 1971.
- CORRÊA, F. A gestão do conhecimento holística: delineamento teórico conceitual. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 24, n. 1, p. 122–146, mar. 2019.

COUTINHO, C. P.; SOUSA, A.; DIAS, A.; BESSA, F.; FERREIRA, M. J.; VIEIRA, S. Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. **Psicologia educação e cultura**, v. XIII, n. 2, p. 455–479, 2009.

CUNHA, M. O. T. Emaranhamento: dos Gatos de Schrödinger à álgebra multilinear. **Texto apresentado na II Bienal da SBM**, 2004.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. 10. ed. Rio de Janeiro: Escala, 2005.

DUARTE, D. M.; CRISTINA DA SILVA, D.; ROCHA, E. C.; PEREIRA, H. S.; RODRIGUES, F. **Germinação de diferentes genótipos de feijão submetidos ao estresse hídrico pela diminuição do potencial osmótico**. 7º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. **Anais...**Uberlândia: Embrapa, 2013

DURÇO, E. C.; SILVA, L. C.; VARGAS, T. S.; CARRARO, V. M. Conhecimento popular: impactos e métodos de controle de *Achatina fulica* em Valença – RJ, Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 189–196, 18 fev. 2013.

EMBRAPA. **Sistema de produção de Banana para o Estado do Pará**. 2. ed. Belém: Embrapa, 2014.

Entrevista do Prof. Ricardo Ferreira concedida a André Galembeck (IQ-UNICAMP) e Cilene Vieira (Ciência Hoje). Disponível em: <<http://www.canalciencia.ibict.br/notaveis/300-ricardo-ferreira#entrevista-concedida-a-fernando-galembeck-instituto-de-quimica-unicamp-e-cilene-vieira-ciencia-hoje>>. Acesso em: 3 fev. 2020.

ESTEVES VASCONCELOS, M. J. **Pensamento sistêmico: O novo paradigma da ciência**. 1. ed. Campinas: Papyrus, 2002.

EVANGELISTA, M. L. A.; LIMA JÚNIOR, A. F. de; OLIVEIRA, I. P. de; BRITO, G. de S.; SILVA, M. C. da; COSTA, F. R. da. Avaliação Do Tempo De Germinação De Diferentes Variedades De Feijão Carioca Cultivada Na Região Do Centro-Oeste Do Brasil. **Faculdade montes Belos**, v. 8, n. 5, p. 86–98, 2015.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral das plantas**. 2005. Monografia (Especialização a Distância: Solos e Meio Ambiente) - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 18. ed. Campinas: Papyrus Editora, 2018.

FAZENDA, I. C. A.; TAVARES, D. E. **O que é interdisciplinaridade?** 1. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2008.

FERREIRA, N. P. Jacques Lacan: apropriação e subversão da lingüística. **Ágora: Estudos em Teoria Psicanalítica**, v. 5, n. 1, p. 113–131, 2002.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109–123, 2003.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **PIB nominal 1980- 2015**.

GASSET, J. O. Y. **A rebelião das massas**. eletrônica ed. digital: Ridendo Castigat Mores, 2005.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física, volume 1: mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

IEZZI, G.; DOLCE, O.; MURAKAMI, C. **Fundamentos da matemática elementar, 2: logaritmos**. 10. ed. São Paulo: Atual, 2013.

IEZZI, G.; HAZZAN, S.; DEGENSZAJN, D. **Fundamentos da Matemática Elementar, 11: Matemática comercial, Matemática financeira, estatística descritiva**. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.

IEZZI, G.; MURAKAMI, C. **Fundamentos da Matemática Elementar, 1: Conjuntos, Funções**. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013.

INSETIMAX. **Metaldeído**. Disponível em:
<[http://www.insetimax.com.br/site/pdfs/2019052417-FICHA TEC. Lesmax.pdf](http://www.insetimax.com.br/site/pdfs/2019052417-FICHA%20TEC.%20Lesmax.pdf)>.
ISKANDAR, J. I.; LEAL, M. R. Sobre positivismo e educação. **Revista diálogo educacional**, v. 3, n. 7, p. 89–94, 2002.

KRASILCHIK, M. Ensino de ciências e a formação do cidadão. **Em aberto**, v. 7, n. 40, p. 55–60, 1988.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LIMA, M. E. de.; CARVALHO, D. F. de.; SOUZA, A. P. de.; GUERA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1503–1510, 2009.

LOPES, A. S.; SILVA, M. DE C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. Boletim técnico, São Paulo: 1991.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. DE. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2017.

MACIEL, C. M.; SILVA, A. F. DA. Gerenciando pessoas utilizando modelos holísticos. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 1, p. 35–58, 2008.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. DE A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e - Maffeis 2000.pdf. **Scientia forestalis**, v. 57, p. 87–98, 2000.

MEC. **Ensino Fundamental de Nove Anos - Ministério da Educação**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ensino-fundamental-de-nove-anos>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MORAES, M. C. O Paradigma educacional emergente: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. **Em aberto**, v. 70, p. 57–69, 1996.

MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. 1. ed. Campinas: Papirus, 1997.

MOREIRA, M. A. A epistemologia de Maturana. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 10, n. 3, p. 597–606, 2004.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. 1. ed. São Paulo: Livraria da física, 2011.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

NEHRING, C. M.; SILVA, C. C.; TRINDADE, J. A. de O.; PIETROCOLA, M.; LEITE, R. C. M.; PINHEIRO, T. de F. Alfabetização científica e técnica . **Ensaio - pesquisa em educação em ciências**, v. 02, p. 88–105, 2002.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The theory underlying concept maps and how to construct. **Práxis educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010.

OLIVEIRA, P. C. da S. **O divã virtual e a linguagem do atendimento psicanalítico on-line no ciberespaço**. 2009. Dissertação (Mestrado em Cognição e Linguagem) – Darcy Ribeiro, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

PERALTA, M. M. C. **Tratamento químico de uma vermiculita visando seu uso em compósitos de polipropileno**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: O realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 213–227, 1999.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade: ambições e limites**. Lisboa: Antropos, 2004.

POMBO, O. Práticas interdisciplinares. **Sociologias**, v. 8, n. 15, p. 208–249, 2006a.

POMBO, O. Interdisciplinaridade e integração dos saberes. **Liinc em Revista**, v. 1, n. 2, p. 965–968, 10 out. 2006b.

POMBO, O. Epistemologia da interdisciplinaridade. **Ideação**, v. 10, p. 09–40, 2008.

POMBO, O. Epistemología de la interdisciplinariedad. La construcción de un nuevo modelo de comprensión. **INTERdisciplina**, v. 1, p. 21–50, 2013.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; REGINA, C.; MORAES, de A. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 563–568, 2006.

SHELLEY, M. **Frankenstein**. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2006.

SILVA NETO, S. DE A. O que é um paradigma? *. **Revista de ciências Humanas**, v. 45, n. 2, p. 345–354, 2011.

SOMMERMAN, A. **Inter ou transdisciplinaridade? do fragmento disciplinar ao novo diálogo entre os saberes**. 2. ed. São Paulo: Paulus, 2008.

SOUSA, M. F. S. DE; FUNATO, R. L. Jogo ASMDP: um instrumento para ensino de Expressões Numéricas. **Boletim Online de Educação Matemática**, v. 6, n. 10, p. 103–122, 2018.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: Usar papel ou solução? **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 684–688, 2002.

TÔRRES, A. R.; LYRA, W. da S.; ANDRADE, S. I. E.; NAVARRO ANDRADE, R. A.; SILVA, E. C. da; ARAÚJO, M. C. U.; GAIÃO, E. da N. A digital image-based method for determining of total acidity in red wines using acid-base titration without indicator. **Talanta**, v. 84, n. 3, p.601-606, 2011.

TRIPP, D. Action research: a methodological introduction. **Educação e pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443–466, 2005.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2005.