

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”**

LICENCIATURA EM QUÍMICA

Daniel Dalla Valle

**GUERRA E O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO: UMA “SUPERAULA”
INTERDISCIPLINAR E INVESTIGATIVA CONSTRUÍDA EM TORNO DE UM
EXPERIMENTO CENTRAL**

**BAURU
2016**

Daniel Dalla Valle

**GUERRA E O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO: UMA “SUPERAULA”
INTERDISCIPLINAR E INVESTIGATIVA CONSTRUÍDA EM TORNO DE UM
EXPERIMENTO CENTRAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
– UNESP Bauru para obtenção do
título de Licenciado em Química, sob a
orientação do Professor Doutor
Alexandre de Oliveira Legendre.**

**BAURU
2016**

Dalla Valle, Daniel.
Guerra e o Desenvolvimento Científico: Uma
"Superaula" Interdisciplinar e Investigativa
construída em torno de um experimento central /
Daniel Dalla Valle, 2016
36 f. : il.

Orientador: Alexandre de Oliveira Legendre

Monografia (Graduação)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016

1. Ensino de Ciências. 2. Ensino por
Investigação. 3. Interdisciplinaridade. I.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Ciências. II. Título.

***Aos meus alunos, antigos e futuros, formais e informais;
São eles minha eterna fonte de aprendizado;
É para eles o legado do universo;
É junto deles que a Educação faz sentido.***

AGRADECIMENTOS

À minha família, cujo apoio incondicional foi e é fundamental para que possa alcançar qualquer objetivo de vida;

À minha namorada Vivianne, pelo apoio incondicional, por suportar minhas filosofias, chatices e manias;

À Prof.^a Silvia Zuliani, cujos grandes ensinamentos, apoio e amizade levarei para o resto de minha vida, que me faltam palavras para descrever;

Ao Prof. Alexandre Legendre, pelos ensinamentos, pelo enorme apoio acadêmico e pessoal, pela discussão sadia e engrandecedora de ideias e ideais, pela amizade;

Ao Roberto Zuliani, Willians Govedise e Gino... pelo apoio técnico, sem o qual este experimento não sairia do papel;

Ao Prof. Antônio Carlos Dias Ângelo, pela amizade, pelos saberes compartilhados pelo encorajamento;

Ao Prof. Marcos Vinícius de Almeida, obrigado pelos ensinamentos científicos, pessoais e filosóficos, desde meu Ensino Médio, obrigado pela força e encorajamento nos momentos mais difíceis, pela amizade;

A todos meus professores, da Graduação, do Ensino Médio e Fundamental, cujos saberes e influências, positivas ou negativas, ajudaram a formar quem eu sou hoje;

Ao meu grande amigo Mateus Gushiken Paulozzi, parceiro de viola, amigo para todas as horas, obrigado pelos momentos de descontração, de reflexão, de estudo, de aprendizado!

Ao meu grande amigo Diogo de Araújo Carvalho, sempre presente, amigo de todas as horas! Obrigado pelos momentos de descontração, de filosofia barata, pelas caronas nas épocas mais apertadas!

Às minhas grandes amigas Roberta Servilha, Caroline Rossetti e Jéssica Meira, cujos momentos de trabalho, reflexão e descontração são igualmente valiosos!

Aos meus grandes amigos Haron Maia, Tomás Paulozzi, Gabriel Baldacim, Gustavo Paulino, Del Antonucci, sempre presentes para o que der e vier!

Ao Bauru Gorillas, nosso time de Futebol Americano, obrigado a todos os integrantes pela oportunidade de praticar o esporte que amamos, de melhorar nossa saúde física e mental!

Muito obrigado!

“O educador democrático não pode negar-se o dever de, na sua prática docente, reforçar a capacidade crítica do educando, sua curiosidade, sua insubmissão”

Paulo Freire

DALLA VALLE, Daniel. **Guerra e o Desenvolvimento Científico: Uma “Superaula” Interdisciplinar e Investigativa construída em torno de um experimento central**. 2016, 36f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências, UNESP – Bauru, para obtenção do título de Licenciado em Química. Bauru, 2016.

RESUMO

O presente trabalho apresenta a descrição da montagem, desenvolvimento e aplicação de um experimento e de uma atividade interdisciplinar e investigativa construída pelos licenciandos dos subprojetos PIBID das licenciaturas em Ciências Biológicas, Física, Matemática e Química da Faculdade de Ciências da UNESP – Campus de Bauru/SP. Estes subprojetos são partes de um único grupo interdisciplinar, o qual tem como principal atividade formativa a “Superaula”, que consiste em uma intervenção dos bolsistas, em horário de aula das escolas de Ensino Médio nas quais eles atuam, com uma sequência didática construída à luz da Interdisciplinaridade e do Ensino por Investigação Orientada. Esta atividade é aplicada por quatro grupos de 10 bolsistas em duas Escolas Estaduais locais. O experimento tratado neste trabalho é um canhão em miniatura (“minicanhão”) e foi utilizado como experimento central em uma “Superaula” com o tema “Guerra e Desenvolvimento Científico”, sendo que os saberes de todas as áreas foram construídos a partir das análises das diversas variáveis envolvidas nos disparos do canhão. Estas variáveis foram levantadas juntamente com os alunos através da investigação do experimento durante a aplicação da “Superaula”, sendo concentradas em três principais: o disparo e os explosivos; a trajetória; e o alvo. O experimento mostrou-se extremamente positivo, pois instigou os alunos, que se mostraram interessados, questionadores e argumentadores em vários momentos da aula. O “minicanhão” possibilitou o trabalho interdisciplinar e investigativo entre as quatro áreas das ciências envolvidas. Apesar de ter sido um experimento trabalhoso em sua construção, mostrou-se inovador e sua exploração transformou a curiosidade ingênua dos alunos em curiosidade epistemológica, fator fundamental para a construção dos saberes científicos, sendo esta nova curiosidade trabalhada através do diálogo estabelecido na “Superaula”.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Ensino por Investigação. Interdisciplinaridade. PIBID.

DALLA VALLE, Daniel. **War and the Scientific Development: An Interdisciplinary and Student Research “Superclass” built around a central experiment.** 2016, 36f. Course completion assignment presented to the Faculty of Science, FC UNESP – Bauru, in order to obtain the Licentiate degree in Chemistry. Bauru, 2016.

ABSTRACT

This research presents the description of the assembly, development and execution of an experiment and of an interdisciplinary and student research activity built by some undergraduates from Biological Sciences, Physics, Mathematics and Chemistry PIBID subprojects of the Faculty of Science, FC - UNESP, Bauru/SP Campus. These subprojects are part of a single interdisciplinary group, which has as its main activity the “Superclass”, which consists of an intervention of the PIBID members during the class schedule, with an interdisciplinary and student research didactic sequence, applied by four groups of ten members, in two local State Schools. The experiment treated in this assignment was a miniature cannon (“minicannon”), and it was used in a “Superclass” that had the “War and Science Development” as its theme, wherein the knowledge of all areas were built from the analysis of the multiple variables involved on the cannon shots. These variables were surveyed with the students through the experiment research, during the “Superclass”, being focused on three of them: the shot and the explosives; the trajectory; and the target. The experiment was extremely successful, because it could instigate the students, who were interested, questioning and debaters for several times during the class. The “minicannon” made possible the interdisciplinary and the student research work among the four areas of science involved. Despite it has been a laborious experiment in its construction, it has proven to be innovative, and its use has transformed the students’ ingenuous curiosity into epistemological curiosity, a key factor in the construction of scientific knowledge, wherein the dialogue established in the “Superclass” explored this new curiosity.

Keywords: Interdisciplinarity; PIBID; Student Research; Science Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Logotipo do grupo PIBID Interdisciplinar	10
Figura 2. Bases de madeira limpas e lixadas	18
Figura 3. Montagem do experimento	19
Figura 4. Primeira montagem do "Minicanhão"	20
Figura 5. Montagem final do experimento	20
Figura 6. Mapa conceitual da "Superaula"	21
Figura 7. Experimento para a Equação de Estado dos Gases	24
Figura 8. Ilustração do processo Haber-Bosch.	26
Figura 9. "Minicanhão" durante um teste	27
Figura 10. Experimento com ignição elétrica	28

SUMÁRIO

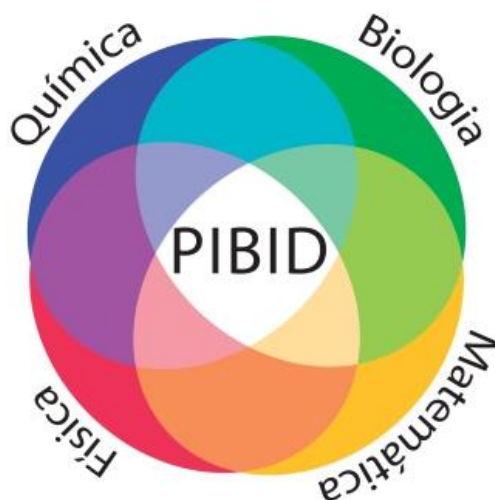
1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	10
2	OBJETIVO	12
3	TRABALHANDO O CONHECIMENTO PERTINENTE ATRAVÉS DA INTERDISCIPLINARIDADE	13
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Construção do experimento	18
4.2	Desenvolvimento e aplicação da “Superaula”	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Construção e testes do “minicanhão”	26
5.2	Aplicação da “Superaula” – Tópicos desenvolvidos pelos licenciandos da Química	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

No contexto atual da Educação e das pesquisas educacionais, uma das grandes propostas trabalhadas visando melhorar a qualidade e incentivar a profissão docente é a Formação de Professores. Dentro desta proposta, o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) se destaca por promover ações formativas diretamente com os licenciandos de diversos cursos, formando um “tripé” formativo e colaborativo: *integrando* o aluno de licenciatura na realidade escolar (fora dos programas de estágio obrigatório), *conectando* escola e universidade (através dos supervisores, que estão em contato direto com os coordenadores e com as pesquisas mais recentes na área da Educação) e, por fim, *inserindo* o licenciando no âmbito destas pesquisas, o que faz com que ele atue como sujeito e objeto de pesquisa e reflita sobre sua prática, ajudando seus pares (BRASIL, 2008; BRASIL, s. d.).

A UNESP – Campus de Bauru é atualmente (novembro de 2015) contemplada com oito subprojetos PIBID, envolvendo as licenciaturas em Pedagogia (com dois subprojetos), Artes, Educação Física, Química, Física, Matemática e Ciências Biológicas, sendo que os últimos quatro trabalham integradamente numa proposta interdisciplinar. Este grupo interdisciplinar conta com dez bolsistas licenciandos e dois supervisores para cada área, totalizando quarenta licenciandos e oito supervisores, divididos em duas Escolas Estaduais da cidade de Bauru – SP. A figura 1 ilustra o logotipo adotado por este grupo.

Figura 1. Logotipo do grupo PIBID Interdisciplinar



Fonte: autor

As ações formativas neste grupo são construídas e trabalhadas sob a ótica de diversas teorias educacionais, como o Ensino por Investigação e a Interdisciplinaridade. De acordo com Ivani Fazenda, numa proposta interdisciplinar:

[...] cada disciplina precisa ser analisada não apenas no lugar que ocupam ou ocupariam na grade, mas nos saberes que contemplam, nos conceitos enunciados e no movimento que esses saberes engendram, próprios de seu lócus de cientificidade. (FAZENDA, 2008, p. 18)

Portanto, observa-se um imperativo epistemológico que é interdisciplinar por natureza, pois o movimento natural da ciência envolve a análise do múltiplo e complexo para a descoberta dos saberes científicos unos. O ensino disciplinar segue o caminho oposto, tentando reconstruir o complexo através do uno. O problema situa-se no fato de o mundo complexo já ter sido alterado pela análise do cientista ao descrever o saber científico, e esta reconstrução levará a uma nova realidade – a síntese – que é uma nova leitura de mundo, diferente da original. (MORIN, 2000; BACHELARD, 2009)

De acordo com Cañal (2007, p. 10), “os processos indagadores estão presentes em todas as pessoas por toda sua vida e constituem um marco biológico de grande importância adaptativa em nossa espécie”. Ou seja, o questionamento é um processo natural do ser humano e, portanto, pode ser um grande aliado no processo educativo. O ensino deve conter elementos investigativos como formas de instigar os alunos a propor hipóteses e sugerir soluções para os problemas apresentados. Dessa forma, procura-se construir uma atividade que contemple os saberes de forma interdisciplinar e investigativa.

Dentre as várias propostas formativas deste grupo interdisciplinar, está a construção de experimentos didáticos e outros materiais para auxiliar o desenvolvimento acadêmico tanto dos licenciandos quanto dos alunos das Escolas Estaduais, ao servir como geradores de conceitos através da aplicação destes experimentos em atividades diferenciadas. De acordo com Giordan, o que se busca com um experimento é:

[...] incentivar os alunos a expor suas ideias acerca do fenômeno, que estão no plano da subjetividade, desencadeia-se um processo pautado na intersubjetividade do coletivo, cujo aprimoramento fundamenta o conhecimento objetivo. O processo de objetivação do conhecimento, por ser uma necessidade social, deve ser um eixo central da prática educativa e aqui a experimentação desempenha um papel de fórum para o desenvolvimento dessa prática. (GIORDAN, 1999, p. 6)

No grupo PIBID Interdisciplinar –Biologia, Física, Matemática e Química, a principal atividade formativa proposta é a “Superaula”, que consiste em uma atividade construída em conjunto por todos os integrantes (licenciandos, supervisores e coordenadores) com um tema central para todas as áreas, definido para todas as turmas de determinado ano (1º, 2º ou 3º ano do Ensino Médio) das escolas parceiras (o tema e o ano são definidos em votação pelo grupo, levando em consideração também o currículo de cada série).

Obrigatoriamente, a atividade é construída à luz da Interdisciplinaridade e do Ensino por Investigação, sempre trabalhando com experimentos como geradores de discussão e formulação de hipóteses por parte dos alunos. A “Superaula” é desenvolvida e ensaiada junto aos integrantes do grupo antes da apresentação na escola, sendo discutida durante as reuniões semanais do grupo no campus da universidade.

Esta atividade é trabalhada durante o período letivo dos alunos, em um dia definido em conjunto pelo supervisor PIBID da escola, a direção, a coordenação e demais professores – o que demonstra a necessidade de um diálogo saudável e permanente entre os supervisores e os demais trabalhadores da escola – e então apresentada pelos licenciandos, que se dividem em grupos para viabilizar a apresentação da atividade para todas as turmas do ano escolhido.

A atividade desenvolvida no 1º semestre de 2015 envolveu o tema “Guerra e Desenvolvimento Científico”, e foi trabalhada com os alunos do 3º ano do Ensino Médio, utilizando-se de cinco aulas em sequência do período letivo, para todas as turmas de terceiro ano de Ensino Médio do período das escolas parceiras, situadas em Bauru – SP, num total de oito turmas. Esta atividade envolveu um canhão em miniatura, o “minicanhão”, como experimento central, de forma que todos os saberes da “Superaula” foram construídos através da investigação das variáveis presentes nos disparos feitos através do experimento.

2 OBJETIVO

O presente trabalho procura descrever o processo de construção, adequação e testes deste experimento central e da “Superaula”; e também as impressões dos licenciandos envolvidos nestas atividades, dando ênfase nas construções feitas pelos bolsistas PIBID da licenciatura em Química, realçando os

saberes dessa área, porém sem deixar de citar brevemente as conexões entre todas as áreas.

3 TRABALHANDO O CONHECIMENTO PERTINENTE ATRAVÉS DA INTERDISCIPLINARIDADE

Há uma pergunta recorrente que permeia toda a Educação, seja formal ou informal, urbana ou rural, progressista ou conservadora: “O que iremos ensinar?” Mas a profundidade filosófica desta questão é comumente deixada de lado, sendo frequentemente lida como: “Que *conteúdos* eu vou *passar* para estes alunos?”. É neste escopo que Edgar Morin vêm tratar com profundidade “sete saberes “fundamentais” que a educação do futuro deveria tratar em toda sociedade e em toda cultura, sem exclusividade nem rejeição, segundo modelos e regras próprias a cada sociedade e a cada cultura.” (MORIN, 2000). São eles: As cegueiras do conhecimento: o erro e a ilusão; Os princípios do conhecimento pertinente; Ensinar a condição humana; Ensinar a identidade terrena; Enfrentar as incertezas; Ensinar a compreensão; e A ética do gênero humano.

Destaca-se aqui, entre os sete, a problemática da pertinência do conhecimento. Morin pontua de forma enfática:

A esse problema universal confronta-se a educação do futuro, pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários. Nessa inadequação, tornam-se invisíveis: o contexto; o global; o multidimensional; o complexo. Para que o conhecimento seja pertinente, a educação deverá torna-os evidentes. (MORIN, 2000, p.36)

Observa-se que de fato há um grande movimento de “hiperespecialização” do conhecimento. Atualmente, sabe-se muito de muito pouco. O que por um lado é bom – pois o conhecimento científico se expande chegando à vastidão do espaço e ao âmago da matéria – torna-se um problema ao desvincular-se do saber cotidiano. Criam-se novas tecnologias, mas não se sabe lidar com suas implicações. Como disse Morin, o contexto tornou-se invisível. Minayo também disserta sobre isto em seu artigo de 1994:

[...] a preocupação dos grandes sábios tem sido a de que a dispersão de conhecimento se corresponde à divisão de trabalho intelectual, não deveria resultar em contradições entre os pesquisadores e o resultado de seus trabalhos. (MINAYO, 1994, p.42, 43)

Dessa forma, torna-se necessário explorar outras maneiras de construir o conhecimento escolar pois:

A supremacia do conhecimento fragmentado de acordo com as disciplinas impede frequentemente de operar o vínculo entre as partes e a totalidade, e deve ser substituída por um modo de conhecimento capaz de apreender os objetos em seu contexto, sua complexidade, seu conjunto. É necessário desenvolver a aptidão natural do espírito humano para situar todas essas informações em um contexto e um conjunto. É preciso ensinar os métodos que permitam estabelecer as relações mútuas entre as partes e o todo em um mundo complexo. (MORIN, 2000, p.14)

É nesse contexto que se propõe então a interdisciplinaridade, não como simples sobreposição de disciplinas, mas como uma “integração entre disciplinas, metodologias e teorias para dar conta de um problema, de uma reflexão” (ALVARENGA, et al., 2011). A pergunta então torna-se a seguinte: “Que *saberes* disciplinares iremos *integrar* em uma sequência didática que explore determinado contexto?”. Isto traz implicações diretas no trabalho interdisciplinar, pois exige a determinação de um contexto – seja ele um conceito, um fenômeno ou uma situação-problema (ou seja, um tema-gerador) – por parte dos criadores da sequência didática, conforme proposto por Freire (1974), que irá problematizar e permear a sequência didática.

Mais além, deve-se negociar entre os criadores (normalmente de formação básica diferentes uns dos outros) os saberes que serão explorados através do tema-gerador. Japiassu descreve essa natureza interdisciplinar:

[...] a interdisciplinaridade [é] percebida como uma “prática” eminentemente política, vale dizer, como uma negociação entre diferentes pontos de vista tendo por objetivo decidir uma representação considerada como adequada em vista de uma ação. Sendo assim, não podemos utilizar mais critérios exteriores puramente “racionais” para escolher e “dosar” as diferentes disciplinas que vão se interagir; nem tampouco para escolher os “especialistas” e determinar as regras do jogo (JAPIASSU, 1994, s.p.).

Isso traz como consequência direta um maior desafio em se trabalhar interdisciplinarmente. Weigert, Villani e Freitas descrevem este desafio:

[...] as mudanças que envolvem grupos interdisciplinares de professores são mais lentas e despendem mais energia para se efetivarem. Ou seja, é mais difícil constituir um grupo de trabalho eficiente com professores que falam “línguas diferentes”. A metodologia interdisciplinar prevê a integração de áreas diferentes, portanto, necessitam de um tempo maior de diálogo entre os membros do grupo, mais disponibilidade para aceitar a diferença e para conhecer as contribuições que cada disciplina pode dar na construção, ou na reconstrução, de um conhecimento contextualizado (WEIGERT, VILLANI e FREITAS, 2005. p.145).

Tendo isto em mente, ainda há a necessidade de se integrar os saberes de forma que haja a reconstrução do conhecimento complexo (ou pertinente, nas palavras de Morin), e ao mesmo tempo trabalhar estes conceitos com rigor científico. Japiassu trabalha esta problemática em seu livro de 1979:

[...] do ponto de vista integrador, a interdisciplinaridade requer equilíbrio entre amplitude, profundidade e síntese. A amplitude assegura uma larga base de conhecimento e informação. A profundidade assegura o requisito disciplinar e/ou conhecimento e informação interdisciplinar para a tarefa a ser executada. A síntese assegura o processo integrador. (JAPIASSU, 1979, p. 65-66)

Ainda assim, a interdisciplinaridade sozinha não deveria ser considerada como única metodologia para reconstruir a pertinência do conhecimento, pois não é suficiente integrar os saberes e continuar a tratá-los de forma “bancária”, como diz Paulo Freire (2011). Sobre essa multiplicidade de visões sobre a interdisciplinaridade, Minayo escreve:

Na verdade ver-se-á que a reivindicação interdisciplinar ora se apresenta como panaceia epistemológica, invocada para curar todos os males que afetam a consciência científica moderna; por vezes se fala dela com um ceticismo radical; por vezes, como uma fatalidade própria do avanço técnico e científico. (MINAYO, 1994, p.43)

Assim, deve-se somar ao trabalho interdisciplinar outras formas de instigar os alunos. Sobre isso, Freire escreve:

A construção ou a produção do conhecimento do objeto implica o exercício da curiosidade, sua capacidade crítica de “tomar distância” do objeto, de observá-lo, de delimitá-lo, de cindí-lo, de “cercar” o objeto ou fazer sua *aproximação* metódica, sua capacidade de comparar, de perguntar. [...] O que importa é que professor e alunos se assumam *epistemologicamente curiosos*. [...] Um dos saberes fundamentais à minha prática educativo-crítica é o que me adverte da necessária promoção da *curiosidade espontânea* para a *curiosidade epistemológica*. (FREIRE, 2011, p. 83, 86.)

Ou seja, devem-se trabalhar os saberes, os objetos estudados, de forma a desafiar a cognição do aluno, para que essa evolua e adote uma postura investigativa. Bachelard também escreve sobre essa aproximação ao conhecimento científico como “três estados da alma”, dependendo de seus interesses:

Alma pueril ou mundana, animada pela curiosidade ingênua, cheia de assombro diante do mínimo fenômeno instrumentado, brincando com a física para se distrair e conseguir um pretexto para uma atitude séria, acolhendo as ocasiões do colecionador, passiva até na felicidade de pensar.

Alma professoral, ciosa de seu dogmatismo, imóvel na sua primeira abstração, fixada para sempre nos êxitos escolares da juventude, repetindo ano após ano o seu saber, impondo suas demonstrações, voltada para o interesse dedutivo, sustentáculo tão cômodo da autoridade [...]. Enfim, a *alma com dificuldade de abstrair e de chegar à quintessência*, consciência científica dolorosa, entregue aos interesses indutivos sempre

imperfeitos, no arriscado jogo do pensamento sem suporte experimental estável; perturbada a todo momento pelas objeções da razão, pondo sempre em dúvida o direito particular à abstração, mas absolutamente segura de que a abstração é um dever, o dever científico, a posse enfim purificada do pensamento do mundo! (BACHELARD, 1996, p.12-13)

O autor quer mostrar neste trecho, assim como Paulo Freire, que é possível uma evolução quando se há a contemplação de um fenômeno para a busca do conhecimento científico. A curiosidade ingênua é um pretexto para uma atitude séria, que pode evoluir para um estado dogmático (dedutivo e demonstrativo), ou para um estado de consciência científica (indutivo e abstrativo), que é o despertar da curiosidade epistemológica, dos questionamentos, da postura investigativa.

O autor também indica como se dá o ato de conhecer, e faz uma crítica direta aos professores de ciências. É interessante observar que o texto original foi escrito em 1938:

No fundo, o ato de conhecer se dá *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. [...] Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. [...] Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim, de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela cultura cotidiana. [...] Logo, toda cultura científica deve começar (...) por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. (p. 17, 23-24)

É necessário, então, ao educador, encontrar maneiras de despertar o “espírito científico” em seus educandos. Deve-se então trazer os alunos próximos ao trabalho de investigação científica, entrando, portanto, nos conceitos de ensino por investigação. Mas deve-se tomar cuidado, pois, de acordo com Cañal:

É necessário superar a imagem da investigação escolar, que as vezes se conserva, como via para descobrir alguns conceitos científicos preexistentes, empregando-se no âmbito escolar “o mesmo método” de que se utilizariam os investigadores para elaborar os conhecimentos científicos. Essa é, sem dúvida, uma opção ingênua e inviável, se a avaliamos desde o conhecimento didático vigente e consideramos as enormes diferenças de finalidade, contexto, grau de especialização e capacidade cognitiva, entre outros aspectos, que existem entre o âmbito do ensino e da investigação científica. (CAÑAL, 2007, p. 10)

O autor, em um artigo de 1999, postula etapas para serem trabalhadas a investigação escolar. É também frisado que estas etapas não são rígidas, mas servem de guias para se adquirir uma postura investigativa no ambiente escolar, pois a estratégia pode – e deve – ser analisada caso a caso e adequada à sequência didática em construção. As etapas são:

- a) Fase de seleção e formulação do problema ou problemas que serão investigados, em relação à um determinado conjunto de conhecimentos escolares (conceituais, procedimentais e atitudinais).
- b) Fase de formulação e seleção de conjecturas ou hipóteses iniciais a respeito da solução do(s) problema(s).
- c) Fase de planificação de tudo o que é necessário para abordar e solucionar, em alguma medida, aos problemas investigados (contrastando, se for o caso, com as hipóteses formuladas), determinando a natureza das tarefas individuais e grupais que serão realizadas, assim como os procedimentos e aspectos organizativos do processo.
- d) Fase de execução do plano combinado, aonde cada equipe realiza o previsto dentro dos procedimentos selecionados e obtendo as informações necessárias das referências e situações preestabelecidas (exceto alterações que forem consensuais).
- e) Fase de preparação e análise dos dados obtidos e expressão dos resultados e conclusões dos trabalhos por cada grupo.
- f) Fase de partilha, comunicando, mostrando, clarificando, debatendo e formulando conjuntamente os resultados e conclusões da investigação. (CAÑAL, 1999, p. 26)

Ou seja, em um contexto geral, a investigação escolar tem três movimentos principais: Primeiramente, a aproximação qualitativa ao contexto proposto; em segundo lugar, a proposição de hipóteses e/ou soluções por parte dos alunos; em terceiro lugar, a aplicação dos conhecimentos e ratificação dos novos saberes. Dessa maneira, a atividade será aberta e criativa, e se devidamente orientada pelo professor, os estudantes passam a ser protagonistas da construção do conhecimento. (FURIÓ, 2006)

Tanto o ensino por investigação quanto a interdisciplinaridade preveem a exploração de um contexto pré-definido para seu desenvolvimento. De um lado, a interdisciplinaridade prevê a reconstrução dos saberes dentro de um contexto global, por outro lado, o ensino por investigação quer explorar um contexto para a partir dele construir os saberes científicos, alcançando a aprendizagem significativa. Isso faz com que ambas as metodologias tenham uma sintonia fina entre si, tornando-se uma só ao recuperar a pertinência do conhecimento científico, instigar a curiosidade dos alunos, e almejar a formação de uma cidadania crítica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Construção do experimento

O “minicanhão” foi proposto e construído pelos alunos e colaboradores PIBID do subprojeto da licenciatura em Química. Este canhão foi feito com materiais de baixo custo, provenientes de locais como ferros-velhos e lojas de materiais de construção. Foram utilizados recortes de madeira, dobradiças metálicas, barras de direção, parafusos, porcas, materiais metálicos e pedaços de EVA para suporte. O canhão dispara um projétil de aço inox, propelido pela explosão de uma pequena massa de azida de chumbo(II), também sintetizada em laboratório presente no Campus da UNESP – Bauru. A síntese do explosivo foi feita em meio aquoso através de uma reação simples de dupla-troca entre azida de sódio e nitrato de chumbo(II), na qual o precipitado (azida de chumbo(II)) é cuidadosamente filtrado sob pressão reduzida, seco e armazenado. As detonações foram feitas usando pavios comerciais de pólvora negra e também pavios artesanais preparados com barbante, cola e pólvora. As peças e projéteis foram cortadas e moldadas com auxílio de torno, operado por técnico especializado. Montagem, furos e cortes simples foram feitos pelos alunos e colaboradores com auxílio de serra e furadeira.

O projeto iniciou-se com a coleta dos recortes de madeira para serem usados como bases. Estes recortes foram coletados de uma árvore morta nas imediações do campus, cujo corte foi efetuado pelos funcionários, devido ao perigo de queda de galhos nos prédios e veículos. Os recortes foram transferidos para o Laboratório Interdisciplinar de Ensino, os quais foram limpos e lixados pelos bolsistas, ilustrados na figura 2.

Figura 2. Bases de madeira limpas e lixadas



Fonte: autor

Em seguida, foi proposta, durante uma reunião, a construção de quatro “minicanhões” como forma de disponibilizar um modelo para cada grupo que apresentaria a “Superaula”, seguida de um *brainstorm* de como o modelo seria construído. Os colaboradores adquiriram, então, as barras de direção (que foram serradas em pedaços de cerca de 13 cm de comprimento para servirem como cano do canhão; posteriormente, foi feita uma rosca interna em cada cano), dobradiças metálicas (para ajustar o ângulo de disparo), parafusos (para fixação do modelo na base), barras parafusáveis, porcas e placas metálicas (para fixação do ângulo de disparo).

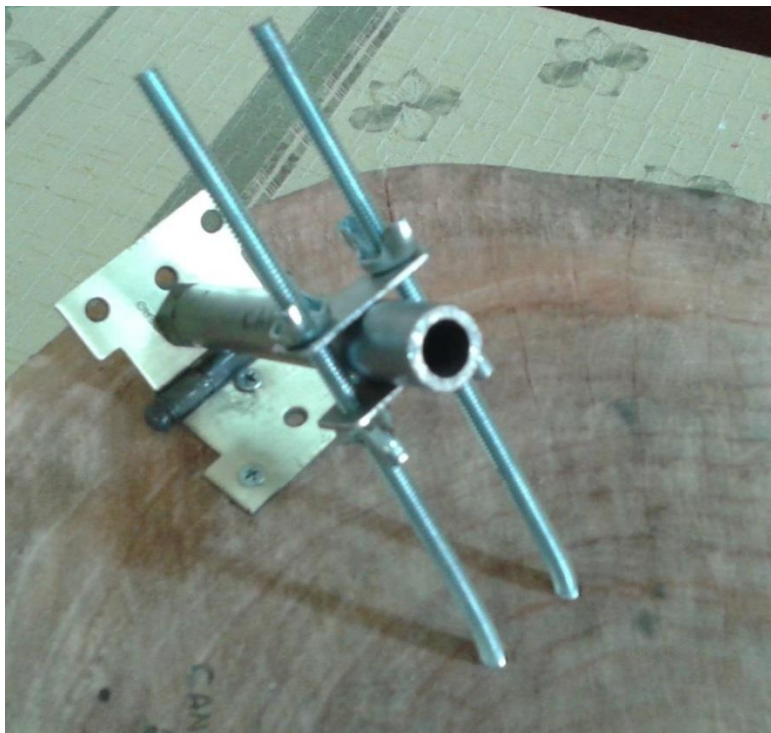
Estes materiais foram transferidos para uma oficina, onde as barras de direção foram cortadas e mediram-se as bases para marcar as posições das dobradiças e dos parafusos. As dobradiças tiveram um furo central em um dos lados para fixação de um parafuso no qual se parafusou um pedaço da barra de direção (cano do canhão). A outra parte da dobradiça foi fixada na base de madeira com parafusos. Outros dois furos foram feitos na base para fixar as barras parafusáveis que foram usadas para fixar o ângulo de disparo. Dessa forma, com duas pequenas placas metálicas e quatro porcas, pôde-se deixar fixa a abertura da dobradiça e, conseqüentemente, o ângulo de disparo do experimento. A figura 3 mostra as etapas de construção descritas acima e a figura 4 mostra a primeira montagem completa do “minicanhão”. Posteriormente, modificou-se a base do experimento, a fim de torna-lo mais fácil de ser carregável. A montagem final é ilustrada na figura 5.

Figura 3. Montagem do experimento



Fonte: autor

Figura 4. Primeira montagem do "Minicanhão"



Fonte: autor

Figura 5. Montagem final do experimento

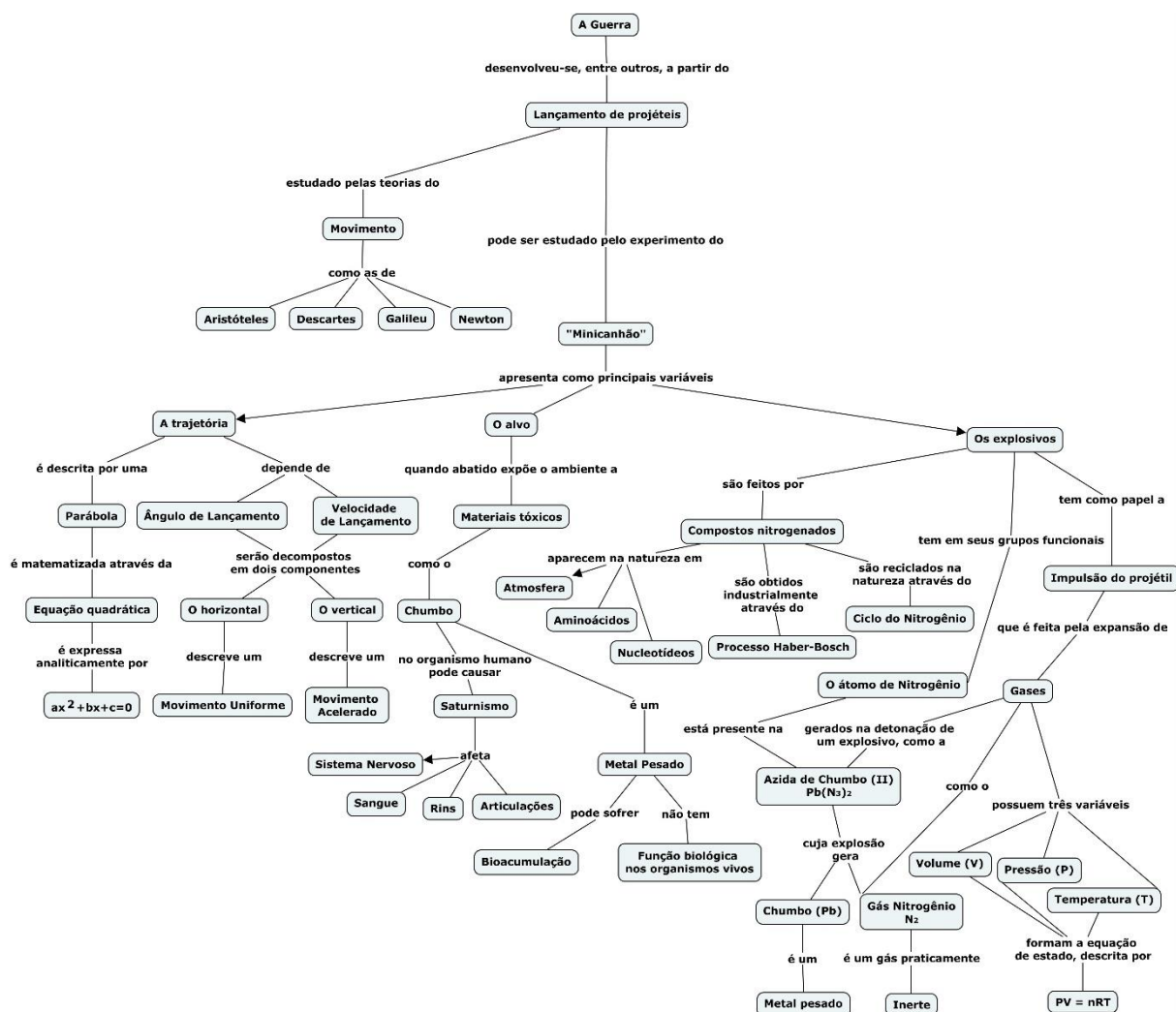


Fonte: autor

4.2 Desenvolvimento e aplicação da “Superaula”

A planejamento da atividade foi realizado com auxílio de “slides” como suporte, para ilustrar melhor os conteúdos apresentados, como vídeos e animações. Como forma de viabilizar as apresentações, separaram-se os licenciandos em quatro grupos de dez bolsistas, dois grupos para cada escola. A figura 6 ilustra o mapa conceitual construído para a atividade.

Figura 6. Mapa conceitual da “Superaula”



Fonte: autor

No início da apresentação da “Superaula”, os 10 bolsistas presentes na sala introduziram brevemente o tema que seria aplicado: Guerra e o Desenvolvimento Científico, construída tendo a interdisciplinaridade como diretriz. Em seguida, cada bolsista se apresentou e mencionou sua área de atuação.

O discurso desenvolvido procurou não mostrar cada ciência individualmente, mas sim correlacionar as quatro ciências envolvidas na atividade (Química, Física, Matemática e Biologia) conectando uma a outra, seguindo uma única linha de pensamento, construindo ao decorrer da aula os saberes científicos.

Os licenciandos da Física e Matemática deram início à aula, apresentando um histórico das teorias sobre o movimento, passando pelas ideias de Aristóteles, Galileu, Descartes e Newton. Em seguida, passou-se um vídeo apresentando o lançamento de um míssil que acerta um alvo; logo em seguida questionaram-se aos alunos sobre quais as variáveis que influenciam no lançamento de um projétil. Para complementar a discussão, os bolsistas da Química colocaram em prática o experimento do canhão, que foi base para o estudo das variáveis levantadas pelos alunos e licenciandos, exploradas durante toda a “Superaula”.

A sequência didática proposta elegeu três variáveis principais para serem exploradas com os alunos: O disparo e os explosivos; a trajetória; e o alvo. A cada disparo do canhão, chamava-se a atenção dos alunos para uma dessas variáveis, e para que eles levantassem hipóteses sobre os fenômenos que estavam envolvidos e quais explicações eles propunham para descrever estes fenômenos.

A primeira variável a ser explorada foi o disparo e os explosivos, trabalhada pelos licenciandos da Química. Foi proposta a questão “Qual é o papel dos explosivos nas armas?” como base para a investigação e formulação de hipóteses pelos alunos. Para evoluir até a resolução do problema apresentado, discutiram-se os diversos tipos de explosivos existentes, mostrando seus nomes e estruturas químicas, para então avançar a uma nova questão: “Qual é a semelhança entre as estruturas dos explosivos?”, que levou os alunos a voltarem o olhar novamente às estruturas.

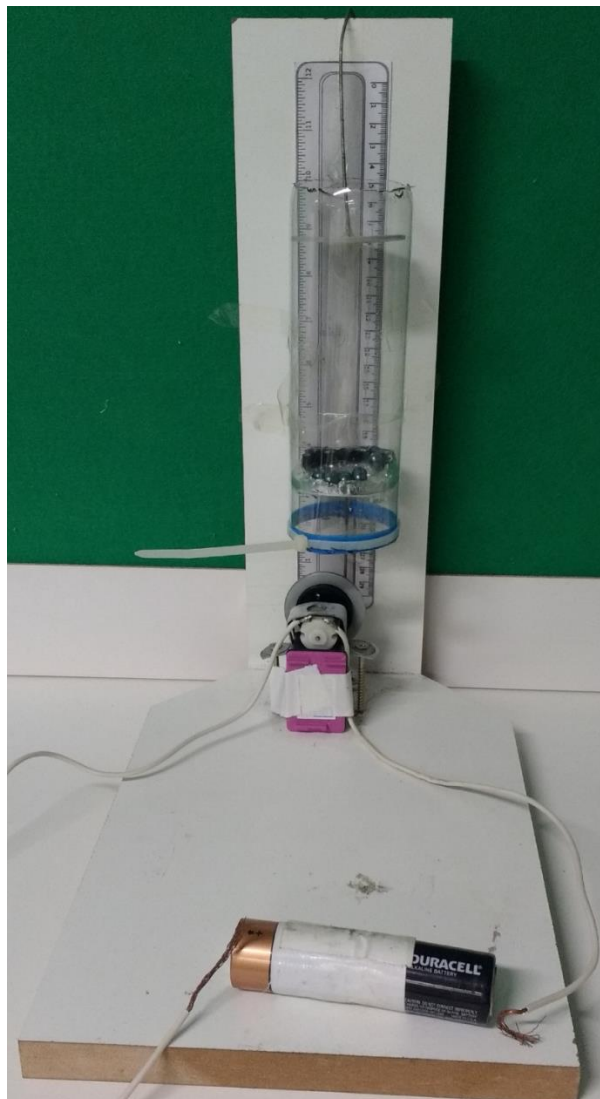
A semelhança entre eles foi esclarecida como sendo alguns grupos funcionais com nitrogênio, como o “nitro” e a “azida”. Apresentou-se então a reação de explosão do explosivo usado no experimento, a Azida de Chumbo, evidenciando que ocorre uma decomposição do reagente (o explosivo) nos elementos que o constituem (Chumbo e Nitrogênio). Apontaram-se também, através da reação, que para cada molécula de explosivo, são geradas três moléculas de gás Nitrogênio, concluindo que o funcionamento de um explosivo provém de uma reação rápida que gera uma grande quantidade de gás, deslocado rapidamente.

O foco foi transferido então para os produtos dessa reação: o chumbo metálico e o dinitrogênio. O Chumbo foi apresentado rapidamente como um metal pesado, para então definirem-se metais pesados como aqueles que não têm função biológica no organismo e são tóxicos quando organismos vivos são expostos a eles. O nitrogênio foi apresentado como um elemento de alta eletronegatividade, podendo fazer ligações muito fortes com o Oxigênio, com o Carbono e com ele mesmo, concentrando grande densidade de elétrons (como nos grupos nitro e azida). Dessa forma, a presença desses grupos ligados a cadeias carbônicas ou íons forma compostos cujas ligações concentram muita energia química e, mediante estímulo adequado (calor de um pavio, fricção, impacto, arco voltaico etc), irão se decompor rapidamente em seus elementos originais, ou seja, explodirão.

O Gás Nitrogênio (ou dinitrogênio, N_2), por sua vez, foi descrito como uma molécula extremamente estável, motivo pelo qual é o produto majoritário de reações de explosão. O que, em princípio, pode parecer contraditório, é explicado pelo fato de o Nitrogênio, neste composto, fazer uma ligação tripla com ele mesmo, formando uma molécula extremamente estável. Essa ligação extremamente forte é muito difícil de ser rompida, fazendo com que o gás Nitrogênio seja praticamente inerte. Respira-se este gás em altíssima concentração a todo o momento: ele compõe 78% da atmosfera.

Tendo em mente a reação de explosão, e que ela ocorre pela liberação de um gás, foram tratadas as propriedades e variáveis de um gás como forma de reconhecer o porquê de uma explosão (e conseqüentemente o lançamento do projétil) envolver gases. Citaram-se as três variáveis fundamentais dos gases: a Pressão, o Volume e a Temperatura. Para exemplificar suas proporções, foi utilizado um experimento simples: um pistão plástico com um êmbolo móvel ligado a um pequeno motor a pilha, para agitar algumas miçangas, que representam as moléculas de gás. Um êmbolo mantido fixo por um segundo operador, por cima, simula variações no volume. A adição de mais pilhas ao motor simula a variação de temperatura. Através das proporções, pôde ser explicada a Equação de Estado dos Gases ($PV = nRT$) e, portanto, levando os alunos à conclusão de que é através da expansão de um gás que foi gerado em um ambiente confinado (o projétil dentro do cano gerou uma altíssima pressão), que é possível disparar qualquer projétil de uma arma de fogo. A figura 6 ilustra o experimento utilizado nesta etapa.

Figura 7. Experimento para a Equação de Estado dos Gases



Fonte: autor

A segunda variável – a trajetória – foi abordada pelos licenciandos de Física e Matemática. O foco foi transferido para outra pergunta investigativa: “Utilizando um canhão, o que mais é necessário para acertar um alvo?”. Foram distribuídas folhas aos alunos, e os licenciandos pediram para os alunos desenharem as trajetórias. Outro material, com a trajetória já desenhada, pedia aos alunos para desenharem as forças atuantes no projétil em vários momentos. Os licenciandos trabalharam os conceitos de vetores, movimento uniforme e uniformemente variado e lançamento oblíquo. A Matemática então equacionou a trajetória, mostrando que a equação de segundo grau pode definir exatamente como é uma trajetória. Através do software GeoGebra, foi possível mostrar como a variação dos coeficientes de uma equação quadrática modificam o “desenho” de

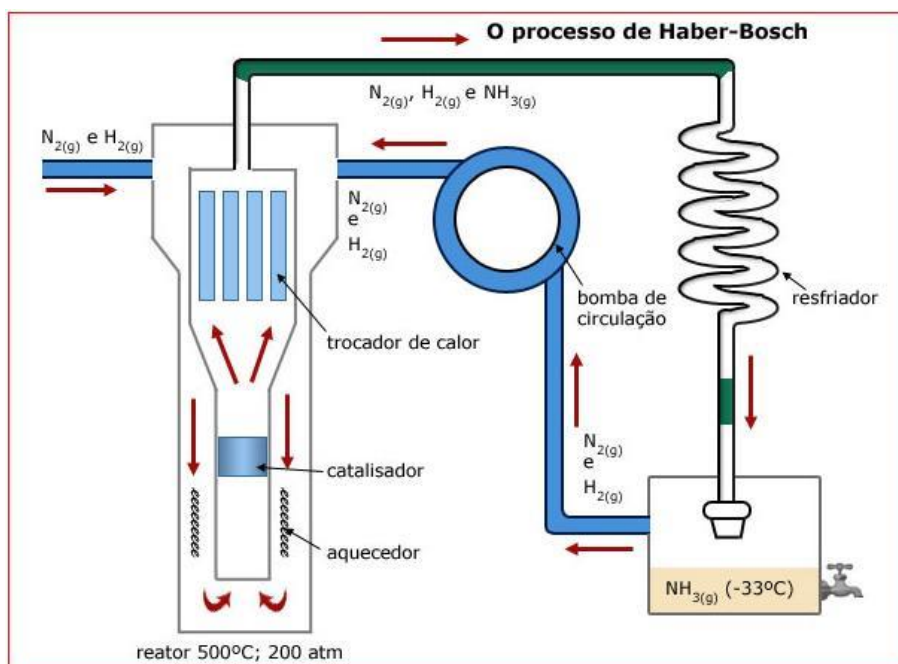
uma trajetória. Por fim, um software que simula o disparo de um canhão foi trabalhado pelos licenciandos, indicando o alcance máximo e altura máxima do projétil. Pediram-se aos alunos para anotar o alcance em função do ângulo de disparo, que empiricamente assumiram o ângulo de 45° como o ângulo de alcance máximo.

O alvo – a última variável – foi trabalhado pelos licenciandos de Biologia. Um último disparo no canhão experimental foi feito, e supondo que o projétil fosse capaz de abater um alvo, foi aberta uma pergunta investigativa: “O que acontece com este material que é exposto ao ambiente, ao abater um alvo?”. A Biologia explorou os conceitos de impacto ambiental, dispersão de metais pesados em ambientes aquáticos e terrestres e suas consequências, bioacumulação e a toxicidade do chumbo em humanos. A cidade de Bauru tem um caso de contaminação por descarte indevido de chumbo por uma fábrica de baterias, ocorrido em 2002. Este tema ainda continua atual devido às consequências que se arrastam até hoje, que foram exploradas pelos licenciandos da Biologia como forma de dialogar com os alunos.

Para retomar, os bolsistas da Biologia abriram outra questão: “O que é necessário para fazer um explosivo?”, apresentando brevemente alguns compostos nitrogenados, para partir a outra questão investigativa: “Onde encontramos compostos nitrogenados na natureza?”. Dessa forma, puderam ser abordadas as principais moléculas nitrogenadas nos seres vivos, os conceitos de fixação do nitrogênio, síntese biológica da amônia, nitrificação, denitrificação, e o ciclo do Nitrogênio.

Na sequência, os licenciandos de Química retornaram com a síntese industrial da amônia, com o processo Haber-Bosch. Conectando com a fala da Biologia, que apresentou os compostos nitrogenados como nutrientes vitais às plantas, discutiu-se a importância econômica e social da síntese industrial da amônia, sem a qual seria impossível fabricar fertilizantes, e por consequência, impossível de alimentar toda a humanidade. Apresentou-se então as reações de síntese industrial da amônia, e um esquema do processo Haber-Bosch, indicado na figura 7.

Figura 8. Ilustração do processo Haber-Bosch.



Fonte: http://web.ccead.pucrio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/Fritz_Haber/img/esquema.jpg

Abordou-se também o ponto de vista histórico envolvido na elaboração da síntese, e sua importância para a Alemanha na Primeira Guerra Mundial, ou seja, apesar da vantagem da produção de fertilizantes, o processo foi criado primeiramente para a produção de explosivos. Por fim abriu-se uma discussão mostrando os pontos positivos e negativos da criação da síntese da amônia, tanto para o fim bélico quanto para a agricultura e perguntou-se aos alunos se Fritz Haber merecia ter recebido o prêmio Nobel de Química. Para encerrar a “Superaula”, pediu-se aos alunos se havia alguma pergunta, curiosidade, sugestão ou crítica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Construção e testes do “minicanhão”

Assim que a construção do experimento foi finalizada, foram realizados diversos testes, inicialmente para viabilizar o disparo do “minicanhão” e, posteriormente, para tentar torná-lo preciso. A montagem inicial pretendia, através de um pequeno furo na base do cano, detonar a carga de explosivo por meio de uma chama. Este método mostrou-se completamente ineficaz, pois a chama não entrava em contato diretamente com o explosivo e o calor dissipava-se rapidamente pela estrutura metálica, não alcançando a temperatura necessária para a detonação,

de aproximadamente 350 °C (LIDE et al., 2009). Sugeriu-se a abertura de um segundo furo, de forma que permitisse a entrada de oxigênio e o direcionamento da chama, porém, o “minicanhão” perderia muita eficiência no disparo devido ao maior escape do gás produzido na reação.

Posteriormente, sugeriu-se a utilização de um explosivo precursor para detonar a carga principal; no caso, sugeriu-se um pavio de pólvora comum. Foram adquiridos pacotes de pólvora negra que incluíam pequenos pavios comerciais. Para economizar, foram feitos pavios artesanais utilizando-se uma mistura de cola branca, etanol e pólvora negra, que foi dispersa sobre pedaços de barbante comum, e postos para secar. Ambos os pavios se mostraram eficientes para detonar a carga, tanto com ou sem o projétil, posicionando-se o pavio no orifício já presente no cano. A figura 8 ilustra o canhão durante um dos primeiros testes.

Figura 9. “Minicanhão” durante um teste



Fonte: autor

Um dos problemas apresentados nesta montagem foi a falta de precisão dos disparos. Ao mensurar o alcance do projétil para um ângulo fixo de 45°, houve grandes discrepâncias, sendo que o disparo com alcance mínimo atingiu 1,5 m e o de alcance máximo atingiu 4,0 m, utilizando-se massas idênticas de azida de chumbo(II) (20,0 mg). A primeira hipótese levantada foi a de que, durante a transferência do explosivo para o tubo do canhão, uma fração variável da carga tocava e adería ao cano, de forma que a massa que ficava entre o pavio e o projétil era praticamente impossível de ser reproduzida. Para corrigir este problema, propôs-se pesar o explosivo em papel filme, montando “pacotinhos” com a massa exata.

Ainda assim, apesar de facilitar o carregamento do canhão e garantir que toda a massa de explosivo detonasse, a variação continuava a ocorrer.

A segunda hipótese foi que o buraco do pavio no tubo projetava-o para fora no momento da explosão (o gás propele tanto o projétil de aço para frente como o pavio para o lado, saindo pelo furo lateral) e, como nenhum pavio é idêntico a outro em espessura e posicionamento, as diferentes perdas no volume do gás gerado na reação de explosão, novamente, faziam com que os alcances dos disparos não fossem reproduzíveis. Para tentar corrigir este problema, tentou-se adaptar um sistema para detonação elétrica do explosivo, utilizando um arco voltaico. Para isto, fez-se um segundo buraco no cano, para inserir dois fios de cobre, que depois foram posicionados, fixados e vedados com massa epóxi. Para gerar o arco voltaico, utilizou-se o cabo de uma raquete elétrica para matar mosquitos. A figura 9 ilustra o experimento com esta montagem.

Figura 10. Experimento com ignição elétrica



Fonte: autor

Apesar de ser possível detonar o explosivo desta maneira, exigia-se um posicionamento perfeito da carga no canhão, tornando este método inviável. Dessa maneira, o experimento apenas fez disparos “qualitativos” (sem precisão de disparo), porém, continuou sendo eficiente ao ser aplicado na “Superaula”.

O experimento foi aplicado como gerador de discussão e levantamento de hipóteses durante a atividade no qual foi aplicado, inicialmente através da pergunta: “Que fatores estão envolvidos no disparo de um canhão?”. Os alunos levantaram muitos fatores e hipóteses, os quais foram concentrados em três variáveis principais

para serem exploradas: o disparo e os explosivos; a trajetória e; o alvo. A cada disparo do canhão, chamava-se a atenção dos alunos para uma dessas variáveis e solicitava-se que eles levantassem hipóteses para os fatos observados e sobre fenômenos envolvidos e, ainda, que propusessem explicações para descrever estes fenômenos. Através destas variáveis, cada área pôde explorar e construir diferentes saberes.

5.2 Aplicação da “Superaula” – Tópicos desenvolvidos pelos licenciandos da Química

Ao fim da aplicação da “Superaula”, foi possível fazer uma análise geral do desenvolvimento da atividade e se os objetivos propostos foram alcançados, como a interdisciplinaridade entre os quatro subprojetos (Biologia, Física, Matemática e Química), a participação dos alunos no decorrer da aula, demonstrando interesse no que era apresentado, e a importância do aprendizado tanto dos alunos como dos licenciandos.

Sobre a interdisciplinaridade, observou-se que apesar do conhecimento normalmente ser apresentado de forma fragmentada em disciplinas, estes saberes podem ser unidos para resolver um problema ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. A interdisciplinaridade foi alcançada na proposta quando houve a conexão dos saberes desatrelados de suas disciplinas; não houve aula de Biologia, Física, Matemática e Química, e sim uma aula sobre o canhão e suas implicações.

Essa metodologia mostrou-se eficiente, pois todos ganham com a interdisciplinaridade, primeiramente pelo conhecimento recuperar sua totalidade e complexidade, respeitando a epistemologia da ciência, que parte da análise do complexo em direção à nova síntese; os licenciandos pelo exercício da práxis docente tanto na construção quanto na aplicação das atividades (exercitando o movimento de ação-reflexão-ação), e interagindo com os colegas das diversas áreas; os alunos por estarem em contato com o trabalho em grupo, vivenciando a investigação dos fenômenos complexos e do conhecimento historicamente construído.

Durante o decorrer da aula, foram feitos diversos questionamentos buscando o levantamento de hipóteses por parte dos alunos. Iniciou-se com a pergunta referente ao experimento do canhão, sobre quais variáveis estavam envolvidas em um disparo. Os alunos levantaram diversas hipóteses, que já eram esperadas, como „as bombas“, „a trajetória“, „a bala“, „o ângulo“, „o tubo do canhão“, „a mira“, „o alvo“ etc.

Ao se questionar os alunos sobre qual o papel dos explosivos nas armas, os alunos mostraram-se interessados em saber os motivos, e sugeriram respostas criativas e inusitadas, como “a explosão empurra o projétil”. Outras respostas ouvidas foram: “O explosivo gera força no canhão”, “A explosão faz pressão no cano”; estas respostas foram muito interessantes para continuar o processo investigativo, através de novas questões: “Que tipo de força?”, “O que esta força faz no projétil?” e “O que faz com que uma explosão gere pressão no tubo?”. Algumas das respostas possibilitaram que fosse possível avançar nos tópicos programados: “A força faz com que o projétil saia do tubo” e “A fumaça tem a ver com isso, não tem, professor? Quando explode, sai fumaça.”

Após essa investigação, prosseguiu-se com a aula e foram apresentadas imagens dos principais explosivos, e solicitou-se que eles identificassem o que havia em comum com as estruturas, e novamente obteve-se a participação dos alunos identificando o nitrogênio como o principal elemento. Ao mostrar a reação de explosão da Azida de Chumbo (II), a resposta do aluno foi acionada novamente pelos licenciandos: “Quando explode, sai fumaça? Na verdade, os produtos gerados são estes – Chumbo, que sai em partículas muito pequenas, e Gás Nitrogênio (N_2). O que vemos sair como “fumaça” são essas pequenas partículas de chumbo; mas o Gás Nitrogênio sim, tem tudo a ver com o disparo.”.

Deu-se continuidade a aula, nesse momento eram expostas as variáveis de estado de um gás, com auxílio do experimento das miçangas (Modelo mecânico vertical). Através dele pôde-se mostrar a influência da temperatura, pressão e volume na agitação das moléculas contidas no tubo. Os alunos mostraram-se interessados e curiosos sobre o dispositivo apresentado, sendo que muitos questionaram como reproduzir aquele experimento; foi então explicada a montagem do dispositivo, que pode ser feito sem a necessidade de grandes equipamentos.

Este foi um experimento que se mostrou muito eficiente na apresentação do conceito da Equação de Estado para a sala de aula. Foi possível questionar os alunos sobre a proporcionalidade entre as variáveis de estado, com perguntas do tipo: “Com mais uma pilha, aumentamos a agitação das miçangas. O que acontece com a pressão e o volume?” e “Abaixamos o pistão fixo, ou seja, diminuimos o volume no nosso modelo de gases. O que podemos observar? As miçangas se agitam mais rápido? Colidem mais com as paredes do tubo?”. Esclareceu-se que a pressão gerada por uma grande quantidade de gás em um pequeno espaço é que gera a força que impulsiona o projétil. O gás gerado na explosão se expande, expelindo o projétil para fora do tubo do canhão.

Outra questão de relevância feita aos alunos é se explosivos só serviam para fazer armas e o que era preciso para produzir um explosivo. A primeira questão acabou gerando uma discussão positiva entre os alunos, pois muitos deles só associavam explosivos aos fins bélicos. No entanto, informou-se a eles que explosivos também tinham outras funções, como por exemplo, na utilização em grandes construções. Referente à segunda questão abordada, os alunos demonstraram um pouco de dificuldade ao responder, mas demonstravam bastante interesse em saber sobre a sua produção, o que tornou a aula cada vez mais atrativa para os alunos.

Ao final da aula abordou-se a síntese da amônia, já que a produção de explosivos só foi possível através da sua descoberta, assim como a produção de fertilizantes, sem os quais não teríamos produção de alimento suficiente nem para metade do planeta Terra. Fritz Haber, criador do processo de síntese da amônia, recebeu o Nobel de Química. A partir disso foi feito um questionamento moral e ético com os alunos: se eles dariam o Nobel para o cientista, a partir de todas as informações que eles aprenderam na “Superaula”. Pôde-se perceber que os alunos tinham argumentos para responder tanto que sim como que não, argumentos elaborados durante a “Superaula” utilizando-se de todos os saberes construídos com eles, o que demonstra o quanto eles estavam interessados no assunto que lhes era apresentado.

No encerramento, houve a abertura para outras questões fora do tema, quando os alunos questionaram sobre a bomba atômica (a qual foi explicada que se utiliza de uma reação diferente dos explosivos comuns: uma reação nuclear);

questionaram como os aviões “miram” as bombas (foi respondido que é análogo ao canhão, porém utilizando-se da velocidade do avião e a aceleração da gravidade para prever aonde a bomba irá cair). Outras questões levantadas também foram sobre o funcionamento de armas de fogo modernas, respondeu-se que o explosivo está no cartucho da bala, que é detonada mecanicamente, projetando apenas sua ponta; o cano da arma também é planejado e construído de tal forma que o projétil disparado mantenha uma rotação no ar, ajudando-o a manter sua trajetória. Os alunos agradeceram a presença dos licenciandos, dizendo que “gostariam que todas as aulas fossem assim. ”

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O “minicanhão” possibilitou um trabalho interdisciplinar e investigativo entre as quatro áreas das ciências envolvidas no grupo PIBID da FC – UNESP Bauru. O desenvolvimento deste experimento mostrou-se trabalhoso, mas, uma vez concluído, demonstrou boa viabilidade, já que os canhões foram construídos usando materiais de baixo custo e fácil acesso, embora tenha envolvido técnicas e equipamentos, como furadeiras (de bancada e vertical), serras etc, que exigiam técnicas específicas de operacionalização. Não há que se negligenciar o fator de risco ao se manusear um explosivo com sensibilidade ao impacto como a azida de chumbo(II), embora a quantia utilizada seja pequena. Ainda assim, é impossível desconsiderar a empolgação unânime dos alunos frente a uma situação “perigosa” como a detonação de um explosivo para o disparo de um canhão.

A “Superaula” teve êxito, pois os alunos, em sua maioria, mostraram-se curiosos e questionadores, demonstrando interesse naquilo que lhes era apresentado, mesmo durante as etapas expositivas da sequência didática. Isso demonstra que, durante as falas dos bolsistas, os jovens estavam na procura de subsídios para conseguir compreender os fenômenos que aconteciam no disparo do canhão, ou seja, estavam assumindo postura de investigadores.

Uma crítica pertinente à “Superaula” e ao experimento é o caráter demonstrativo do mesmo, no qual apenas os licenciandos o manuseavam. Isto faz com que a esfera procedimental do conhecimento seja menos explorada com os alunos. Outro fator importantíssimo também que demonstra o quanto é fundamental

a *orientação* do professor durante o processo de ensino por investigação, é a questão do impacto visual extremo do experimento, fator esse que é também discutido por Gaston Bachelard:

[...] o fato de oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões de curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para a cultura científica. Substitui-se o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens. [...] Basta que uma experiência seja feita com um aparelho esquisito (...) para que os alunos nos prestem atenção: apenas deixam de olhar os fenômenos essenciais. [...] É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. (BACHELARD, 1996, p. 36, 48-50)

Esta questão foi devidamente trabalhada ao se propor previamente o estudo das *variáveis* do experimento, direcionando o “espanto” dos alunos com as perguntas focais, imediatamente chamando a atenção para um determinado aspecto do “minicanhão”.

Outra crítica cai na questão da transposição didática do conhecimento científico ao conhecimento escolar. No caso desta “Superaula”, foi possível apontar, na fala sobre o átomo de Nitrogênio, que não é apenas sua eletronegatividade a responsável por formar grupos funcionais capazes de tornar uma molécula explosiva. Outras propriedades e conceitos, que não foram exploradas na atividade, como energia de ligação, carga nuclear efetiva, orbitais moleculares (consequentemente o próprio modelo atômico moderno), ressonância, tanto do átomo de nitrogênio quanto dos outros átomos presentes nas moléculas de explosivos, são também cruciais na análise do porquê serem explosivas/instáveis. Porém, repete-se aqui a fala do Hilton Japiassu, dizendo que a interdisciplinaridade é uma prática eminentemente política, aonde saberes são negociados, e necessita-se abrir mão de determinados saberes para que haja a conexão entre as disciplinas e a adequação com o tempo determinado para o cumprimento de toda a atividade.

Através das análises das variáveis propostas, do formato interdisciplinar da atividade, dos discursos e questionamentos, todas as áreas puderam integrar e construir seus conceitos: o “minicanhão” levantou a curiosidade ingênua dos alunos e, por meio das perguntas investigativas feitas pelos licenciandos, foi possível transformá-la em curiosidade epistemológica, tornando essa “Superaula” uma atividade inovadora e eficiente.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. T.; PHILIPPI JR., A.; SOMMERMAN, A.; ALVAREZ, A. M. S.; FERNANDES, V. Histórico, fundamentos filosóficos e teórico-metodológicos da interdisciplinaridade, in PHILIPPI JR., A.; SILVA NETO, A. J. (ed.) **Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia & Inovação**, Barueri: Manole, 2011.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da química moderna**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

BRASIL, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. **Pibid – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid)**. Publicado em 03 de setembro de 2008. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>>. Acesso em 25 de novembro de 2015.

BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. Programas do MEC voltados à formação de professores. [s. d.] Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15944:programas-do-mec-voltados-a-formacao-de-professores>. Acesso em: 25 de novembro de 2015.

CAÑAL, P. Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. **Investigación en la Escuela**, n. 38, p. 15-36, 1999.

CAÑAL, P. La investigación escolar, hoy*. **Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 52, p. 9-19, abril 2007.

FAZENDA, I. **O que é interdisciplinaridade?** São Paulo: Cortez, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

FURIÓ, C., AZCONA, R., GUISASOLA, J. Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustância y de mol basada em um modelo de aprendizaje como investigación orientada. **Enseñanza de las Ciencias**, 2006, 24(1), p. 43-58.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

JAPIASSU, H. **A questão da interdisciplinaridade**. Texto base da palestra proferida no Seminário Internacional sobre Reestruturação Curricular, promovido pela Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre, julho-1994.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LIDE, D. R. (ed.); **CRC handbook of chemistry and physics**. Boca Raton, Fla: CRC Press/Taylor and Francis, 2009.

MINAYO, M. C. S. Interdisciplinaridade: funcionalidade ou utopia? **Saúde e Sociedade**, 3(2)42-64, 1994.

MORIN, E. **Sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

WEIGERT, C.; VILLANI, A.; FREITAS, D. A interdisciplinaridade e o trabalho coletivo: análise de um planejamento interdisciplinar. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p.145-164, 2005.