

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO –
UFRRJ INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL**

DISSERTAÇÃO

**UMA PROPOSTA DE AULA EXPERIMENTAL LÚDICA COM
CONOTAÇÃO FORENSE COMO
FERRAMENTA DIDÁTICA MOTIVACIONAL PARA O ENSINO
DE QUÍMICA DIRECIONADA AO ENSINO MÉDIO**

**Jaqueline da Rocha
2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO –
UFRRJ INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL**

**UMA PROPOSTA DE AULA EXPERIMENTAL LÚDICA COM
CONOTAÇÃO FORENSE COMO
FERRAMENTA DIDÁTICA MOTIVACIONAL PARA O ENSINO
DE QUÍMICA DIRECIONADA AO ENSINO MÉDIO**

JAQUELINE DA ROCHA

Sob a Orientação do Professor
Cláudio Eduardo Rodrigues do Santos

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Química**, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Área de concentração em Química.

Seropédica, RJ

Agosto de 2020

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R672p Rocha, Jaqueline da, 1973-
Uma proposta de aula experimental lúdica com
conotação forense como ferramenta didática
motivacional para o ensino de química direcionada ao
ensino médio / Jaqueline da Rocha. - Belford Roxo,
2020.
66 f.: il.

Orientador: Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Mestrado profissional em química em
rede nacional, 2020.

1. Aprendizagem significativa. 2. Ensino de
química. 3. Química forense. I. Santos, Cláudio Eduardo
Rodrigues dos , 1978-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Mestrado
profissional em química em rede nacional III. Título.



DELIBERAÇÃO Nº 127/2020 - DQF (11.39.00.25)

Nº do Protocolo: 23083.045098/2020-17

Seropédica-RJ, 10 de setembro de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

JAQUELINE ROCHA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra**, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração em Química

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11/09/2020

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

Membros da banca:

Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos

(Dr.) UFRRJ (Orientador) Presidente da Banca

Andrea Rosane da Silva

(Dr^a.) CEFET/RJ - Titular externo

Andressa Esteves de Souza dos Santos

(Dr^a.) UFRRJ- DQO- Titular interno

Bauer de Oliveira Bernardes

(DR.) CEFET/RJ (Suplente externo)

Roberto Barbosa de Castilho

(Dr.) UFRRJ-DQF (Suplente interno)

(Assinado digitalmente em 12/09/2020 18:53)
ANDRESSA ESTEVES DE SOUZA DOS SANTOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DQO (11.39.00.23)
Matricula: 2451384

(Assinado digitalmente em 10/09/2020 08:54)
CLAUDIO EDUARDO RODRIGUES DOS SANTOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DQF (11.39.00.25)
Matricula: 2624418

(Assinado digitalmente em 10/09/2020 10:17)
ANDREA ROSANE DA SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 024.208.617-95

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número:
127, ano: **2020**, tipo: **DELIBERAÇÃO**, data de emissão: **10/09/2020** e o código de verificação: **2cf8a43760**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, por todos os ensinamentos e orientações que me deram para a vida.

Ao meu querido esposo, Magno Cesar Lima da Silva, pelo amor, conselhos e incentivo para continuar os estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a realização deste sonho profissional com saúde e serenidade, mesmo passando por um problema de saúde mundial, a pandemia causada pelo Sars-CoV-2.

Aos meus pais, Jorge Roberto (in memorian) e Marilza, pelas orientações e ensinamentos que tenho como valores fundamentais em minha vida.

Ao meu esposo, companheiro e amigo, Magno Cesar, por toda compreensão e incentivo.

Aos meus amados sobrinhos, Fábio e Gabriela, pelo carinho de sempre e por estarem ao meu lado quando precisei de ajuda.

Ao meu pequeno e amado sobrinho, Miguel, que me faz feliz pelo simples fato de existir. As minhas irmãs Maria Aparecida e Rita de Cássia, por fazerem parte da minha vida.

Ao programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional - PROFQUI, que objetiva melhorias para a educação básica, permitindo uma maior qualificação de professores no processo de ensino.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, em especial aos Coordenadores do PROFQUI, na pessoa do Dr. Roberto Castilho e aos professores do programa, Andressa Esteves, André Marques, Aurelio Baird, Carlos Murício, Cláudio Eduardo Rodrigues, Glauco Favilla, Luciano, Marcelo Hawrylak, por seus ensinamentos e por contribuírem positivamente para minha formação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos, que acompanhou e auxiliou a realização deste trabalho, sempre muito solícito, acreditando, apoiando e proporcionando ensinamentos grandiosos em todos os momentos, meus mais sinceros agradecimentos.

Aos membros da Banca Examinadora pelo interesse, disponibilidade e contribuições para o trabalho.

À equipe de direção e coordenação da escola em que foi aplicado este trabalho e também a todos os alunos que participaram desta pesquisa.

Aos colegas deste programa, Carla, Laurine, Luis e Flávio, pela cumplicidade e amizade durante estes dois anos de convivência.

A todos os amigos e familiares que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

ROCHA, Jaqueline. **Uma proposta de aula experimental lúdica com conotação forense como ferramenta didática motivacional para o Ensino de Química direcionada ao Ensino Médio: Seropédica, RJ.** 2020. 53p Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A carreira de professor não é fácil, há enormes desafios, como a falta de reconhecimento por parte da sociedade e a desvalorização salarial, além disso, frequentemente é preciso mudar as práticas de ensino, devido a alta velocidade com que a sociedade se modifica ao longo tempo. Assim, alguns professores vocacionados buscam inovar suas práticas. Desta forma, uma aula experimental lúdica, com conotação forense, foi planejada, realizada e avaliada, a partir de materiais alternativos em um laboratório de uma escola pública situada na cidade de Nova Iguaçu, no estado do Rio de Janeiro, no ano de 2019. A aula experimental foi aplicada para alunos do terceiro ano do ensino médio e teve como objetivos a busca de uma Aprendizagem Significativa e contextualizada dos conteúdos, baseada nas teorias de David Ausubel e de Paulo Freire, e a melhoria das relações interpessoais de colaboração entre os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Na aplicação da aula experimental, verificou-se o envolvimento dos alunos de forma positiva nas atividades propostas, destacando seu interesse em trabalhar com o tema forense. Por meio dos questionários aplicados, a maioria dos alunos percebeu a importância da ciência, de um modo geral, com destaque especial para a química na vida cotidiana. Não menos importante foi a possibilidade que o experimento ofereceu de trabalhar com diferentes conteúdos químicos, tais como: soluções (preparo e cálculo de concentração), número de oxidação, reações e o fenômeno da fluorescência, visto que tais temas foram inseridos no contexto da aula e tiveram um significado real para os alunos, que participaram ativamente do processo de ensino-aprendizagem mediado pela professora. A partir dos resultados, pode-se concluir que o experimento proposto é bastante interessante para ser aplicado ao ensino médio. O manuseio da ninidrina (p.17 da dissertação) deve ser feito com equipamento de proteção individual.

Palavras-chave

Aprendizagem significativa; ensino de química; química forense.

ABSTRACT

ROCHA, Jaqueline. **A class proposal of the ludic experimental with forensic connotation as a motivational didact tool for chemistry teaching directed to high school: Seropédica, RJ.** 2020. 53p Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI). Instituto de Química. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

The teacher career is not an easy one. The challenges are huge as there is a lack of societal recognition and the wages are still low. In addition, the changes in the teaching methodology are frequent as our society evolves through time. Thus, some dedicated teachers seek innovation in their practice. Therefore, a ludic experimental class with alternatives materials and forensics connotation was planned, performed, and evaluated in a school science lab located in Nova Iguaçu city in the state of Rio de Janeiro in 2019. The experimental class was implemented for last year high schoolers. The goal was to seek meaningful and contextualized learning based on David Ausubel and Paulo Freire theories. It also intended to promote collaboration between students in the teaching/learning process. During the experiment, it was possible to observe student engagement to the proposed activity, as there were enthusiasm, especially for forensics theme. Through the questionnaires applied, it was possible to observe that the students were capable of realizing the importance of science and chemistry in our daily lives. Nonetheless important, was the possibility to work through different contents, such: solutions (preparation and calculation), oxidation number, reactions, and the fluorescence phenomenon. All the themes proposed were present in the teaching/learning process and had real meaning to the students. From the results, it was possible to conclude that the ludic experiment was very interesting to apply in high school. The ninhydrin (see pg. 17, dissertation) must be handled with the personal protective equipment.

Key words:

Meaningful learning; chemistry teaching; forensic chemistry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – David Ausubel.....	02
Figura 2 – Paulo Freire	04
Figura 3 – Mecanismos de oxidação do luminol.....	12
Figura 4 – Representação da molécula de ninidrina.....	14
Figura 5 – Atividades que foram desenvolvidas na metodologia na aplicação do Experimento Forense	16
Figura 6 – Registro fotográfico da câmara escura.....	16
Figura 7 – Registro fotográfico do borrifador	17
Figura 8 – Registro fotográfico da almofada de carimbo	17
Figura 9 – Registro fotográfico do catálogo de digitais	17
Figura 10 – Registro fotográfico da câmara reveladora	18
Figura 11 – Registro fotográfico dos materiais usados por grupo (exceto pinça e câmara reveladora).....	20
Figura 12 – Registro fotográfico do catálogo de digitais	25
Figura 13 – Registro fotográfico dos recipientes para armazenamento das digitais	25
Figura 14 – Registro fotográfico da papiloscopia (revelação com iodo)	26
Figura 15 – Registro fotográfico da análise das impressões digitais.....	27
Figura 16 – Registro fotográfico dos guardanapos pintados com batom e um deles impregnado com sangue artificial.....	28
Figura 17 – Dimensões da casinha para animal doméstico.....	29
Figura 18 – Registro fotográfico da parte superior da caixa de revelação com exposição dos orifícios circulares	29
Figuras 19 – Registro fotográfico da parte superior da caixa de revelação com a colocação dos tecidos de brim.....	29
Figura 20 – Registro fotográfico da observação através da câmara de revelação	30
Figura 21 – Registro fotográfico da introdução da aula mediada pela professora e acompanhada pelos alunos	31
Figura 22 – Registro fotográfico da interação dos alunos na aula experimental.....	32
Figura 23 – Registro fotográfico da questão 4	32
Figura 24 – Registro fotográfico das questões 8 e 9.....	33
Figura 25 – Registro fotográfico da questão 5	33
Figura 26 – Gráfico 1 – Pergunta 1	34
Figura 27 – Gráfico 2 – Pergunta 2	35

Figura 28 – Gráfico 3 – Perguntas c, d.....	36
Figura 29 – Gráfico 4 – Perguntas e, g.....	37
Figura 30 – Gráfico 5 – Perguntas l, j, h, a.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	02
2.1 A Aprendizagem Significativa de David Ausubel	02
2.1.1 O papel do professor na Aprendizagem Significativa	03
2.2 A Pedagogia Libertadora de Paulo Freire	04
2.2.1 O Papel da escola para Paulo Freire - Pedagogia Libertadora.....	06
2.3 A experimentação em Química.....	06
2.3.1 Um pouco de história da experimentação.....	07
2.3.2 O papel da experimentação no ensino de Química.....	07
2.3.3 Tendências atuais.....	08
2.4 Ensino de Química através da Química Forense	09
2.4.1 Experimentação investigativa.....	09
2.4.2 Química Forense.....	10
2.4.3. Noções de Química Forense	11
3 OBJETIVOS	14
3.1 Objetivos gerais	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4 METODOLOGIA DA PESQUISA E MATERIAIS	15
4.1 Elaboração dos materiais	16
4.2 Procedimentos e reações realizados pelos alunos.....	18
4.3 Elaboração dos textos e roteiros do Experimento Pedagógico Forense	19
4.3.1 Lista dos materiais utilizados.....	19
4.3.2 Roteiros do experimento.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1 Elaboração de materiais alternativos para o Experimento Forense	23
5.1.1 Elaboração do Catálogo de digitais	24
5.1.2 Preparo dos papéis e caixas com as impressões digitais.....	25
5.1.3 Preparação da câmara reveladora de digitais com iodo comercial e areia.....	26

5.1.4	Preparação do borrifador de solução de ninidrina	26
5.1.5	Produção de amostras de guardanapo contendo Ferricianeto de potássio e batom vermelho	27
5.1.6	Produção da câmara de revelação de fluorescência com luminol	28
5.1.7	Segurança no laboratório para a preparação da solução de ninidrina.....	30
5.2	Participação dos alunos	30
5.3	Aplicação dos questionários	32
5.3.1	Questionário sobre a aula prática.....	32
5.3.2	Questionário sobre a avaliação do experimento	34
6	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	41
6.1	Elaboração e aplicação dos experimentos	41
6.2	Avaliação do experimento	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
	ANEXOS	46
	Anexo 1: Roteiros da aula experimental.....	46
	Anexo 2: Questões para serem discutidas em sala de aula.....	51
	Anexo 3: Questionário da avaliação do experimento	52
	Anexo 4: Especificações da ninidrina	53

1 INTRODUÇÃO

O desagrado do docente com a educação, muito provavelmente está atrelado à falta de estímulos em vários níveis, como a carência de reconhecimento profissional por parte da sociedade, a desvalorização financeira da profissão, as condições precárias de trabalho, o desinteresse dos discentes, entre outros. Tais fatores podem levar esses profissionais à desistência da carreira. Desta forma, *incômodo* é uma palavra que descreve a grande insatisfação dos educadores, que se torna mais latente a cada dia.

Esse incômodo, tão recorrente na trajetória do professor, pode ser exemplificado por duas palavras: sofrimento e padecimento, como relata Saviani:

[...] ser professor hoje em dia envolve esses dois significados, e parece mesmo que a própria política governamental manifesta esse entendimento ao cobrar dos professores extrema dedicação e responsabilizando-os pelo fracasso escolar e, ao mesmo tempo, submetendo-os a condições precárias de trabalho com salários aviltantes (SAVIANI, 2010, p.134).

Como consequência do trabalho estressante e desvalorizado, muitos professores enfrentam a Síndrome de Burnout. Também conhecida como Síndrome da Desistência, é entendida como um conceito multidimensional, que envolve três componentes: “[...] exaustão emocional, despersonalização e falta de envolvimento pessoal no trabalho” (CODO, 1993).

Dentro da complexidade que envolve o dia a dia do docente, segundo Barros (2013), pode-se dizer que o professor tem múltiplas tarefas que desafiam o seu cotidiano. Alguns exemplos desses percalços são as classes superlotadas, os afazeres extraclasse, a indisciplina por parte dos alunos e o excesso de carga horária na tentativa de complementar o baixo salário. E mesmo assim, com tudo isso, o docente deve permanecer sereno e controlar suas atitudes para lidar com tantas situações adversas. Por vezes, parece que a sociedade esquece que esse profissional também tem sentimentos e uma vida particular que apresenta dificuldades, como todo ser humano.

Apesar de tantas adversidades encontradas na profissão, ainda assim há profissionais da educação interessados em continuar na carreira e buscar o aprimoramento de seus conhecimentos pedagógico, bem como a atualização de seus conhecimentos científicos. De acordo com Saviani, “trata-se de paixão enquanto envolvimento afetivo, amor profundo, entusiasmo muito vivo, dedicação extremada a uma causa, enfim, compromisso radical carregado de afetividade” (SAVIANI, 2010).

Com o propósito de contribuir para o ensino de química, ou seja, a fim de alcançar uma aprendizagem significativa, será proposto, neste trabalho, uma metodologia baseada na experimentação investigativa, que tem como tema motivador a química forense.

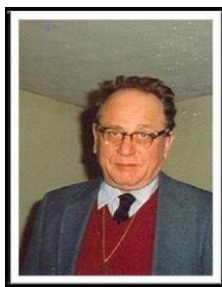
Como fundamentação teórica, serão utilizadas as teorias de aprendizagem nos campos cognitivo e sociocultural. Sendo assim, serão mencionados com destaque o teórico David Ausubel, na vertente cognitivista, e Paulo Freire, na vertente sociocultural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Paul Ausubel, pesquisador norte-americano, nasceu em 25 de outubro de 1918, no *Brooklyn*, Nova Iorque, EUA (FERNANDES, 2011). Aposentou-se aos 75 anos, porém manteve-se ativo, escrevendo e pensando. Faleceu no ano de 2008, aos quase noventa anos (GOMES, 2009).

Figura 1 - David Ausubel.



Fonte: Ostermann & Cavalcanti (2011).

No ano de 1963, Ausubel propôs a teoria da Aprendizagem Significativa, que é um processo no qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, a nova informação interage com a estrutura de conhecimento específico, a qual Ausubel chamou de *subsunçor*, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. Portanto, subsunçor serve como apoio a uma nova informação, de modo que ela obtenha significado para o aprendiz, “*ancorando-se*” a conceitos preexistentes (OSTERMANN & CAVALCANTI, 2011).

Na perspectiva ausubeliana, o conhecimento prévio – a estrutura cognitiva do aprendiz – é a variável crucial para a Aprendizagem Significativa.

Quando o material de aprendizagem é relacionável à estrutura cognitiva somente de

maneira arbitrária e literal e não resulta na aquisição de significados para o sujeito, a aprendizagem é dita mecânica ou automática. A diferença básica entre Aprendizagem Significativa e aprendizagem mecânica está na racionalidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva *versus* arbitrária e literal (ibid.). Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos, como sugere Moreira (2011). Dessa forma, as aprendizagens significativa e mecânica não são opostas.

2.1.1 O papel do professor na Aprendizagem Significativa

O professor, na Aprendizagem Significativa, tem como função orientar, organizar e motivar seus alunos. Segundo DOS SANTOS (2013), para que realmente ocorra uma transformação efetiva no ensino, é preciso que o professor adote novos comportamentos essenciais, os quais serão apresentados a seguir:

a) Deixar de “dar aula”

O professor deve adotar uma postura de mediador na construção do conhecimento do aluno, o qual sai do comportamento passivo e acomodado e passa a participar mais ativamente da aula. O docente deixa de dar aula no sentido de que essa expressão remete a um conhecimento que já está pronto e finalizado.

b) Parar de dar respostas

O papel do professor é de motivar o aluno a pensar, aguçar sua curiosidade, de modo que a situação gere dúvidas e questionamentos. Sendo assim, num contexto *mundo em construção*, respostas prontas não contribuem para uma Aprendizagem Significativa, como sugere DOS SANTOS (2013).

c) Procurar novas formas de desafiar os alunos

O professor deve desafiar os conceitos já aprendidos a fim de que eles se reconstruam mais ampliados e consistentes, desse modo, os alunos serão mais inclusivos com relação aos novos conceitos, como também reflete DOS SANTOS (2013).

d) Perseguir a aprendizagem profunda

Segundo Ausubel, “é indispensável para que haja uma Aprendizagem Significativa, que os alunos se predisponham a aprender significativamente. Desse ponto surge a necessidade de ‘despertar a sede’” Ausubel (1988 apud DOS SANTOS, 2013).

e) Parar de dar instruções

Segundo DOS SANTOS (2013), para que se tenha uma aprendizagem significativa, o

educador deve ficar atento para fornecer as instruções necessárias, observar o desenvolvimento do aluno, motivar suas decisões coerentes e questionar as errôneas.

f) Elevar a autoestima do aluno

De acordo com DOS SANTOS (2013), é importante que o docente instigue o aluno a fazer parte do processo de ensino-aprendizagem, valorize aquilo que ele já sabe e eleve sua autoestima. Para o autor, a aquisição de uma aprendizagem significativa é favorecida quando o professor faz o aluno se sentir motivado, valorizado e acolhido durante o processo de aprendizagem. Para isso, é necessário que o docente assuma algumas atitudes, como propor desafios, estar disposto a ajudar quando necessário, elogiar a melhora do desempenho do aluno e também inseri-lo ativamente na dinâmica da aula.

g) Promover a interação entre os alunos

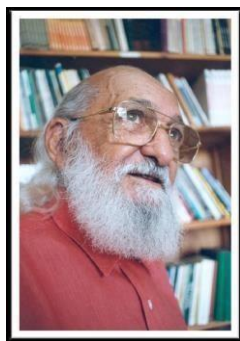
O convívio social possibilita uma troca de experiências pessoais que podem contribuir com o crescimento cognitivo do aluno. Nesse viés, Vygotsky (1999 apud DOS SANTOS, 2013) destaca que as relações interpessoais ajudam no desenvolvimento mental dos envolvidos.

2.2 A Pedagogia Libertadora de Paulo Freire

De acordo com Gerhardt (1993 apud PRÄSS, 2012), Paulo Reglus Neves Freire nasceu em 1941, no Recife, numa família de classe média. Educador e filósofo, Freire mostrou interesse pela educação dos pobres desde cedo.

Durante sua vida, Paulo Freire atuou como professor de língua portuguesa para alunos do ensino médio entre 1944 e 1945, e, paralelamente, como advogado sindical. Participou, ainda, de movimentos laicos da igreja católica, como também do Movimento de Cultura Popular (MCP) criado pelo prefeito de Recife, Miguel Arraes, em 1960. Freire faleceu no dia 2 de maio de 1997 aos 75 anos de idade (PRÄSS, 2012).

Figura 2 - Paulo Freire



Fonte: Ostermann & Cavalcanti (2011).

No período da Ditadura Militar no Brasil, Paulo Freire refugiou-se no Chile, país onde, em 1968, escreveu o livro “*Pedagogia do Oprimido*” – obra mundialmente conhecida, que foi traduzida em mais de 30 línguas.

No prefácio da edição italiana de “*Pedagogia do Oprimido*”, Linda Bimbi coloca bem o motivo do *incômodo* discutido por Paulo Freire, assim como sugere Gadotti:

A originalidade do método de Paulo Freire não reside só na eficácia dos métodos de alfabetização, mas, acima de tudo, na inovação de seus conteúdos para “conscientizar” (...). A conscientização nasce em um determinado contexto pedagógico e apresenta características originais: com as novas técnicas se aprende uma nova visão de mundo, a qual implica uma crítica cujos caminhos não são impostos, mas deixados à capacidade criadora da consciência “livre”; não se conscientiza um indivíduo isolado, mas sim uma comunidade, quando ela é totalmente solidária com respeito a uma situação-limite comum. Portanto, a matriz do método, que é a educação concebida como um momento do processo global de transformação revolucionária da sociedade, é um desafio da situação pré-revolucionária e sugere a criação de atos pedagógicos humanizantes (e não humanísticos) que se incorporam em uma pedagogia da revolução (GADOTTI, 1991, p.37).

A vida de Paulo Freire foi muito rica, por isso é considerado um dos educadores mais influentes em todo o planeta, seu comprometimento com a pedagogia trouxe grandes contribuições para a educação. Um destaque dessa colaboração foi a alfabetização de adultos em 1962, em Angicos (RN), onde o educador e seu grupo alfabetizaram 300 cortadores de cana em apenas 45 dias, como afirma Gadotti (1991). Por esse motivo, em 1963, Paulo Freire foi convidado pelo presidente João Goulart, por indicação do então Ministro da Educação, Tarso Santos, para auxiliar na reforma do sistema de alfabetização de adultos. E, em 1989, no governo de Luiza Erundina, assumiu a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Como educador, Paulo Freire é chamado de humanista cristão, que através de sua filosofia, parte das relações humanas, da cultura e de sua realidade para promover a educação.

Paulo Freire se imbuíu de alguns conceitos que nortearam sua obra, são eles: a *conscientização*: para ocorrer mudanças, o indivíduo deve se conscientizar da realidade para atingir uma ação transformadora. A conscientização é apresentada como o “processo de criticização das relações consciência-mundo” (FREITAS, 2008); o *diálogo*: no patamar de forma horizontal, mostra que não há uma cultura melhor que a outra. “O diálogo é a força que impulsiona o pensar crítico-problematizador em relação à condição humana no mundo” (ZITKOSKI, 2008); a *amorosidade*: respeitar a natureza do ser humano, ser amável. “A amorosidade é, sobretudo, um compromisso existencial com o *outro*, seja ele humano, seja não humano, ser vivo, enfim, que habita o admirável e complexo universo da *physi*”. (AMORIM & CALLONI, 2017); a *dodisciência*, termo criado por Paulo Freire, é a junção das palavras docente + discente, o educador sempre está disposto a aprender com o que faz e com o próprio

aprendiz, ou seja, é a capacidade do professor de aprender com os alunos e ensinar, “diálogo didiscente”; o *tema gerador*, a adoção de situações que estão inseridas na realidade do educando e do educador. É importante reenfatar que “o tema gerador não se encontra nos homens isoldos da realidade, nem tampouco da realidade separada dos homens . Só pode ser compreendido nas relações homens-mundo” (FREIRE, 1987, p. 56).

2.2.1 O papel da escola para Paulo Freire – Pedagogia Libertadora

Para Paulo Freire, a escola adotaria uma posição contrária aos moldes tradicionais. Assim, professores e alunos assumiriam posturas mais atuantes em relação ao meio social que convivem e a educação deixaria de ser “bancária”, ou seja, um depósito de conhecimentos sem sentido.

Como resultado dessa pedagogia, o docente agora é um mediador do conhecimento. Os conteúdos passam a ser contextualizados, engajados com a realidade social do aluno. Essa estrutura demonstra como a preocupação de Freire com a parte social é latente e sua pedagogia é libertadora. Em vista disso, à luz freireana, no que se refere ao papel da escola, afirmam Ostermann e Cavalcanti:

Não é próprio da pedagogia freireana (libertadora) falar em ensino escolar, já que sua marca é a atuação não formal. Entretanto, professores e educadores engajados no ensino escolar vêm adotando pressupostos dessa pedagogia. Assim, quando se fala na educação em geral, diz-se que ela é uma atividade onde professores e alunos, mediatizados pela realidade que apreendem e da qual extraem o conteúdo de aprendizagem, atingem um nível de consciência dessa mesma realidade, a fim de nela atuarem, num sentido de transformação social. Tanto a educação tradicional, denominada *bancária* – que visa apenas depositar informações sobre o aluno –, quanto a educação renovada – que pretenderia uma libertação psicológica individual – são domesticadoras, pois em nada contribuem para desvelar a realidade social de opressão. A educação libertadora, ao contrário, questiona concretamente a realidade das relações do homem com a natureza e com os outros homens, visando a uma transformação – daí ser uma educação crítica. (OSTERMANN & CAVALCANTI, 2011, p.32).

2.3 A experimentação em Química

Uma concordância entre os professores da educação básica é que as aulas experimentais despertam o interesse e a curiosidade, o que estimula a atenção dos alunos e faz com que se sintam entusiasmados a participar com mais vontade das aulas em andamento, bem como defendem Carrascosa e cols.:

A atividade experimental constitui um dos aspectos-chave do processo de ensino- aprendizagem de ciências. Portanto, à medida que se planejam experimentos com os quais é possível estreitar o elo entre motivação e

aprendizagem, espera-se que o envolvimento dos alunos seja mais vívido e, com isso, acarrete evoluções em termos conceituais (FRANCISCO, *et al.*, 2008, p.34).

É significativamente positivo ministrar uma aula experimental cujo objetivo é a reflexão de ideias a respeito de fenômenos e conceitos trabalhados, de modo que os alunos possam repensar os modelos explicativos dos fenômenos e, assim, ultrapassar o entendimento do senso comum.

Diferentes modalidades de atividades experimentais podem ser realizadas para o desenvolvimento das habilidades cognitivas, porém, é necessário definir os objetivos de aprendizagem próprios ao componente curricular, as habilidades que se tem como meta e, finalmente, definir a modalidade experimental mais apropriada para atender seus objetivos.

2.3.1 Um pouco de história da experimentação

Historicamente, a experimentação, como estratégia de ensino nas escolas da Inglaterra e dos Estados Unidos, deu-se significativamente na segunda metade do século 20. Em contrapartida, no Brasil, no início do século 20, órgãos oficiais brasileiros sugeriram que as instituições de ensino tivessem laboratórios para as práticas de ciências. Assim, na década de 30, a escola deveria substituir os métodos tradicionais (teórico, livresco, memorizador, estimulando a passividade) por uma metodologia ativa, o que incluía atividades experimentais (SILVA, *et al.*, 2010).

Foi uma longa caminhada, desde o século 19 até os dias atuais, para que ocorressem mudanças no ensino de ciências no Brasil. Nesse caminho, foram extintos e criados diversos institutos e fundações (SILVA, *et al.*, 2010).

Hoje, não há programas institucionais com um foco específico em atividades experimentais, mas sim ações que visam uma melhoria geral no sistema de ensino, como o Programam Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (Pibic) e cursos de pós-graduação como o PROFQUI, voltados para professores de escolas públicas (SILVA, *et al.*, 2010).

2.3.2 O papel da experimentação no ensino de Química

As aulas experimentais têm como objetivo fazer com que o aluno obtenha uma Aprendizagem Significativa. Para isso, é importante que o discente esteja interessado pela aula que deverá ser ministrada de modo contextualizado e não tradicional, como de costume em

grande parte dos conteúdos trabalhados em sala de aula.

Para Silva e colaboradores, “a experimentação no ensino deve ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias. Desta forma, o aprender ciência deve ser sempre uma relação constante entre o fazer e o pensar” (SILVA, *et al.*; 2010). À vista disso, após uma aula experimental, quando o aluno utiliza a própria teoria para construir sua resposta, obtemos uma relação entre teoria-experimento, ou seja, a relação entre o fazer e o pensar, como sugere Silva *et al.* (2010).

2.3.3 Tendências atuais

A relação entre teoria e ensino é um assunto que tem sido profundamente discutido por diversos autores, como sugere Silva *et al.* (2010):

Os documentos oficiais atuais para o ensino de Ciências (Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN; Orientações Curriculares Nacionais- OCN; Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN +, Programa Nacional de Educação Ambiental) recomendam o uso da experimentação, enfatizando a relação teoria-experimento, incorporando a interdisciplinaridade e a contextualização (SILVA, *et al.*, 2010, p.244).

Araújo e Abid (2003) distinguem três tipos de atividades: aquelas que o professor executa e os alunos somente observam, geralmente demandam pouco tempo de duração e são integradas a aulas expositivas, são **atividades de experimentação por demonstração**; aquelas que são realizadas para comprovar uma lei ou uma teoria, embora possam apresentar limitações devido à falta de um ambiente adequado fisicamente, são as **atividades experimentais de verificação**; e, por último, aquelas que os alunos interpretam e participam do problema e também apresentam solução para o mesmo são as **atividades de experimentações investigativas**. Assim, em comparação às atividades por experimentação e por demonstração, a investigativa apresenta um maior alcance em relação aos objetivos educacionais, pois apresenta uma maior flexibilidade metodológica.

O presente trabalho de pesquisa dará um destaque para a experimentação por investigação, que foi a metodologia trabalhada com os alunos de uma escola de ensino médio.

2.4 Ensino de Química através da Química Forense

2.4.1 Experimentação investigativa

Na busca incansável por uma aprendizagem significativa – que prenda a atenção, interrompa a passividade do tradicionalismo e exerça sentido na vida do aluno –, as atividades experimentais investigativas podem ser uma alternativa para a desconstrução do modelo antigo de aprendizagem e construção de uma nova sala de aula.

Segundo Izquierdo e cols. (1999), das atividades experimentais que a escola pode desenvolver, a experimentação por investigação é a que mais ajuda o aluno a aprender. Nesse tipo de aula, os alunos participam da investigação, interpretam e chegam as suas próprias conclusões.

Outros autores mostram os pontos positivos em relação à experimentação investigativa como método de aprendizagem. Para Azevedo, “a utilização de atividades investigativas pode conduzir o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar e não apenas ficar restrito ao favorecimento de manipulação de objetos e a observação de fenômenos” (AZEVEDO, 2004 apud GONÇALVES & GOI, 2019).

Bassoli (2014) afirma que os experimentos investigativos são uma novidade para a educação básica, mas para que provoquem interesse e colaborem para uma aprendizagem significativa, a prática investigativa não deve seguir os passos de uma experiência tradicional que apresenta resultados programados.

O professor e o aluno devem desempenhar papéis importantes para que ocorra uma aprendizagem significativa, pois nesse processo não há coadjuvantes. Sendo assim, o papel do professor em um experimento investigativo é de mediador na construção do conhecimento do aluno. Assim, o docente, entre outros afazeres, deve criar um espaço físico favorável, como também levar um assunto contextualizado e motivador, e ficar atento para que o tema esteja na estrutura cognitiva do aluno e sirva de âncora para que ele possa desenvolver sua prática de forma a aprender. Para isso, é preciso que o aluno ative aquilo que faz parte da sua estrutura cognitiva, de modo a ancorar as novas informações e modificá-las de forma a avançar nos seus conhecimentos. Nesse viés, Ausubel *et al.* afirmam que:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria o seguinte: o fator singular mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL, *et al.*, 1980, p.viii).

Em um experimento investigativo, o professor é o orientador do processo, porém, o aluno

deve participar ativamente, isto é, usar os conhecimentos cognitivamente já existentes e desenvolver formas de resolver a situação problema apresentada.

Azevedo (2004) sugere que, em uma atividade de natureza investigativa, o aluno deve participar de forma integrada em todo o processo; além de observar e manipular, ele também deve refletir, discutir, explicar e fazer relatos sobre a experiência em curso. As principais características das atividades de natureza investigativa, segundo Spronken – Smith *et al.* são:

- aprendizagem orientada por questões ou problemas;
- aprendizagem baseada em um processo de busca de conhecimento e construção de novos entendimentos;
- ensino centrado na aprendizagem, professor tem papel de facilitador;
- alunos assumem gradativamente a responsabilidade por sua aprendizagem;
- desenvolvimento de habilidades de auto-reflexão;
- processo ativo de aprendizagem. (SPRONKEN-SMITH *et al.* 2007, p. 2 apud DE SOUZA *et al.* 2013, p. 15-16)

Silva (2010) aponta os seguintes aspectos a serem considerados no planejamento de uma atividade investigativa:

- situação problema, cujas atividades experimentais propostas ajudam a responder;
- conhecimentos e concepções que os alunos apresentam sobre o tema;
- atividades pré-laboratório: informações a serem apresentadas e hipóteses solicitadas aos alunos;
- atividade experimental, por demonstração ou para a realização pelos alunos; dados a serem coletados, maneira de organizá-los;
- atividades pós-laboratório: questões formuladas aos alunos para análise dos dados, conclusão e aplicação do conhecimento; sistematização dos resultados e conclusões; aplicação a novas situações. (SILVA, 2011 apud DE SOUZA *et al.* 2013, p.16)

2.4.2 Química Forense

Os alunos estão diariamente em contato com os meios de comunicação, que levam informações e entretenimento, como filmes, noticiários, séries, entre outros programas. Assim sendo, algumas séries podem ser aliadas do professor, como as que tratam de investigação criminal, que podem atuar como material para o professor de química, como a *CSI: Crime Scene Investigation*. Esse tipo de conteúdo atrai o público, que fica curioso para descobrir o desfecho de um crime através dos métodos investigativos utilizados pelo detetive ou policial. Assim, o docente precisa ser perspicaz para utilizar aquilo que motiva o aluno na vida real como conteúdo disciplinar em sala de aula.

A contribuição da Química Forense está relacionada à possibilidade da contextualização e da transdisciplinaridade, uma vez que uma prática de investigação científica deve unir duas áreas distintas, a científica (Química, Física e Biologia) e a humanística (Sociologia, Psicologia,

Direito e Medicina Legal).

Um dos princípios da Química Forense, perfeitamente postulado pelo cientista forense Edmond Locard, afirma que:

Quaisquer que sejam os passos, quaisquer objetos tocados por ele, o que quer que seja que ele deixe, mesmo que inconscientemente, servirá como uma testemunha silenciosa contra ele. Não apenas as suas pegadas ou dedadas, mas o seu cabelo, as fibras das suas calças, os vidros que ele porventura parta, a marca da ferramenta que ele deixe, a tinta que ele arranhe, o sangue ou sémen que deixe. Tudo isto, e muito mais, carrega um testemunho contra ele. Esta prova não se esquece. É distinta da excitação do momento. Não é ausente como as testemunhas humanas são. Constituem, por ser, numa evidência factual. A evidência física não pode estar errada, não pode cometer perjúrio por si própria, não se pode tornar ausente. Cabe aos humanos, procurá-la, estudá-la e compreendê-la, apenas os humanos podem diminuir o seu valor – Professor Edmond Locard (LOCARD apud VALE, 2013, p.13).

A partir do exposto supracitado, pode-se perceber a importância da exploração da Química Forense no auxílio do desenvolvimento cognitivo do aluno. Portanto, a proposta deste trabalho é buscar um meio de tornar as aulas de química mais interessantes e motivadoras para os alunos. Assim, a Química Forense pode ser um caminho para o alcance desse objetivo.

2.4.3 Noções de Química forense

. Identificação de manchas de sangue

O perito químico, para determinar se em uma amostra há sangue ou não, submete essa a uma análise chamada de teste de presunção. Desse modo, na prática forense, o teste de presunção de sangue ocorre através da utilização de um agente oxidante, geralmente a água oxigenada ($H_2O_{2(aq)}$) e um indicador de cor (ou luminescente), que, na presença do íon do elemento ferro, que está presente nos grupos ‘heme’ da hemoglobina, funciona como um catalisador da reação.

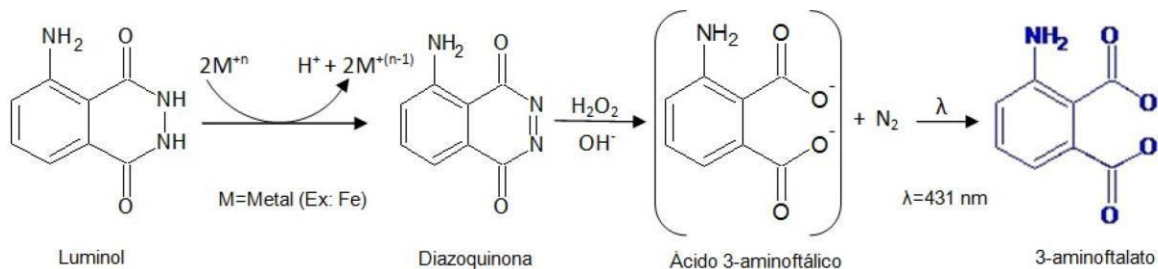
Os reagentes mais usados pelos peritos forenses são: reagente de Kastle-Meyer, reagente de benzidina e Luminol (CHEMELLO, 2007).

Neste trabalho, utilizou-se o reagente 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona, mais conhecido como luminol, que, ao ser usado na análise de presença de sangue, provoca uma reação de quimiluminescência chamada de fluorescência. O fenômeno da quimiluminescência caracteriza-se pela emissão de luz através de uma reação química (CHEMELLO, 2007).

A reação quimiluminescente de oxidação do 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona (luminol) é catalisada pelo íon metálico de ferro, presente no grupo “heme” da hemoglobina, resultando um composto chamado 3-aminofalato, substância responsável pela cor azul,

conforme mostra a figura 3.

Figura 3 - Mecanismo de oxidação do luminol.



Fonte: A ciência forense no ensino de química por meio de experimentação lúdica (2016).

. Noções de Análise papiloscópica

Segundo Faria (2010), a papiloscopia é subdividida em três áreas de identificação de impressões dérmicas, dependendo da região das mãos ou dos pés analisadas. Sendo assim, há, na região das mãos, a datiloscopia, que reconhece impressões deixadas pelas digitais, e a quiroscopia, que reconhece impressões deixadas pelas palmas das mãos. Enquanto a podoscopia trabalha com impressões deixadas pelas plantas dos pés. Dentre essas, a datiloscopia é a mais usada em métodos investigativos.

Portanto, os métodos papiloscópicos são muito empregados por peritos criminais para auxiliar no desvendamento de um crime. Neste trabalho, optou-se por usar duas técnicas papiloscópicas de identificação de digitais: uma delas é a técnica do vapor de iodo e a outra é usando ninidrina.

. Impressões Papilares Latentes (IPL)

Ao entrar na cena de um crime, os peritos observam todo o aspecto do local e verificam a posição dos objetos, analisando se foram deslocados ou não de sua posição original. Assim, buscam vestígios papilares, os quais são chamados de Impressões Papilares Latentes, que podem ajudar a desvendar o crime (CHEMELLO, 2006).

As IPL resultantes de vestígios de suor são chamadas de ocultas. Ao cometer um delito, geralmente a transpiração da pessoa aumenta, deixando impresso no local do crime essas IPL ocultas, que podem ser identificadas por técnicas papiloscópicas (CHEMELLO, 2006).

O suor é composto basicamente de 99% e água e 1% de materiais sólidos. Veja a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Compostos excretados no suor humano relacionados às glândulas sudoríparas e sebáceas.

Compostos excretados no suor humano relacionados às glândulas sudoríparas e sebáceas		
	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Glândulas Sudoríparas	Cloretos Íons metálicos Amônia Sulfatos Fosfatos Água	Aminoácidos Uréia Ácido láctico Açúcares Creatinina Colina Ácido úrico
Glândulas Sebáceas		Ácidos graxos Glicerídeos Hidrocarbonetos Álcoois

Fonte: Chemello (2006).

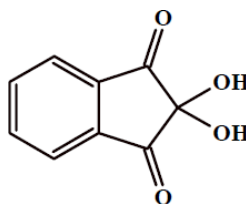
. Técnica de vapor de iodo

O iodo, ao absorver calor, sublima, gerando vapores de coloração castanha, que, ao entrarem em contato com o material que contém as impressões digitais latentes – aquelas deixadas no local do crime – reage por meio de uma absorção física. Assim, é formado um produto de coloração marrom amarelada, que revela as impressões digitais (CHEMELLO, 2006).

. Técnica da ninidrina

A ninidrina é um composto orgânico muito usado para detectar e analisar aminoácidos, que, ao reagirem com essa substância, formam um produto de cor púrpura. Pelo fato de os aminoácidos estarem presentes nas proteínas que fazem parte da composição do suor, a ninidrina é utilizada para revelar as impressões digitais.

Figura 4 - Representação da molécula de ninidrina.



Fonte: A autora (2019).

Um dos métodos de aplicação da solução líquida de ninidrina é através da aspensão do líquido usando um spray borrifador (FIGINI, 2003). O ideal é borrifar o líquido a uma distância aproximada de 15 cm sobre a superfície.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Elaborar, aplicar e avaliar um Experimento Pedagógico Forense lúdico voltado para turmas do terceiro ano do ensino médio.

3.2 Objetivos específicos

1. Construir um roteiro experimental forense investigativo voltado para os alunos do terceiro ano, em que o professor seja o mediador do experimento, promovendo a interação entre os alunos a partir da formação de grupos.
2. Construir materiais de fácil acesso e alternativos, quando possíveis, voltados para o experimento forense pedagógico, tal como:
 - a. Câmara escura para revelação de fluorescência a partir de uma casinha para animais domésticos de médio porte;

- b. Borrifador de solução de ninidrina a partir de um borrifador de solução de mel e própolis;
 - c. Câmara de revelação papiloscópica com iodo.
- 3. Preparar soluções de NaOH (4 % m/v), H₂O₂ (0,3% v/v), ninidrina (10% m/v) e luminol (1% m/v).
- 4. Fazer um quadro de amostragem de digitais em papel (catálogo de digitais).
- 5. Fazer amostras de guardanapo contendo ferricianeto de potássio K₃[Fe (CN)₆] e batom vermelho.
- 6. Testar o roteiro proposto.
- 7. Construir um questionário com o intuito de avaliar de forma qualitativa dois pontos:
 - a. O experimento proposto;
 - b. A interação do aluno mediante ao experimento.
- 8. Aplicar o roteiro proposto a turmas do terceiro ano da rede pública de Nova Iguaçu, RJ.
- 9. Aplicar o questionário desenvolvido.
- 10. A partir desse experimento, trabalhar com a turma conceitos químicos como: soluções (preparo e cálculo de concentração), número de oxidação, reações e o fenômeno da fluorescência.

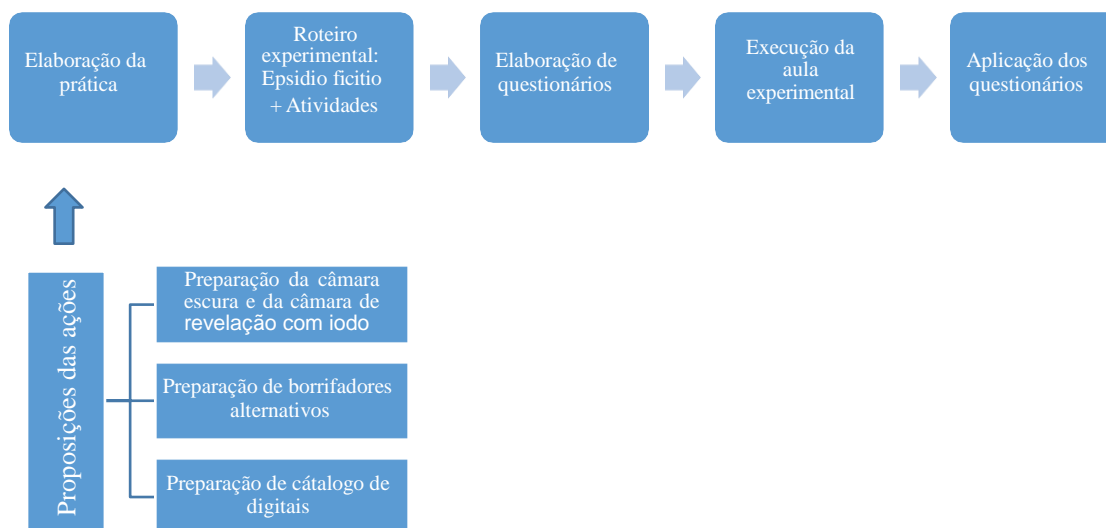
4 METODOLOGIA DA PESQUISA E MATERIAS

Neste trabalho, apresentou-se uma proposta de um experimento pedagógico utilizando a Química Forense, com a intenção de trabalhar significativamente os conteúdos de forma contextualizada e interdisciplinar, motivando e incentivando a integração entre os participantes do processo ensino-aprendizagem (professor - aluno e entre alunos).

A junção dos conceitos supracitados está assinalada na BNCC (Base Nacional Curricular Comum), que recomenda uma educação não fragmentada dos conhecimentos, ou seja, propõe a interdisciplinaridade dos conteúdos.

Neste trabalho, no que se refere à metodologia, serão seguidas as etapas da figura a seguir:

Figura 5 - Atividades desenvolvidas na metodologia na aplicação do Experimento Forense.



Fonte: A autora (2019).

4.1 Elaboração dos materiais

Inicialmente elaborou-se uma câmara escura a partir de uma casinha para animais domésticos de médio porte. Nessa caixa, foram feitos seis orifícios com 5 centímetros de diâmetro para permitir a visualização da reação quimioluminescente que ocorre entre o luminol e a água oxigenada em meio alcalino, que foi catalisada pelo ferricianeto de potássio que estava impregnado no guardanapo. Também foram colados panos de cor preta em cima de cada orifício, como pode ser visto nas figuras abaixo:

Figura 6 - Registro fotográfico da câmara Escura.



Fonte: A autora (2019).

O borrifador utilizado no experimento foi adaptado a partir dos borrifadores bucais encontrados em farmácias. Assim, o tampo foi retirado com auxílio de um alicate e posteriormente foi adicionado ao borrifador solução etanólica (álcool etílico comercial 96% v/v) 10% m/v de ninidrina (figura 7). Em seguida, o recipiente foi lacrado com auxílio de um alicate de bico fino.

ATENÇÃO! Necessariamente estes procedimentos devem ser realizados pelo professor, em um laboratório que contenha capela funcionando. O profissional deve usar luvas e óculos de segurança, uma vez que a solução de ninidrina pode causar irritação nos olhos, na pele e tosse. Essa substância possui uma toxicidade moderada (anexo 4, página 53).

Figura 7 - Registro fotográfico do borrifador.



Ninidrina

Fonte: A autora (2019).

Em um pedaço de papel, foram impressas cinco digitais diferentes, incluindo as do dedão do pé, reveladas com o uso de almofada de carimbo (figura 8). Assim preparou-se o catálogo de digitais (figura 9).

Figura 8 - Registro fotográfico da almofada de carimbo.



Fonte: A autora (2019).

Figura 9 - Registro fotográfico do catálogo de digitais.



Fonte: A autora (2019).

Outra maneira de realizar um ensaio colorimétrico é por meio da mistura de iodo comercial e areia em um recipiente de plástico com tampa, como câmara reveladora (figura 10). Assim, para esse experimento, utilizou-se aproximadamente 20 g de areia e, em média, 10 gotas de solução de iodo comercial.

Figura 10 - Registro fotográfico da câmara reveladora.



Recipiente com
iodo.

Fonte: A autora
(2019).

4.2 Procedimentos e reações realizados pelos alunos

A partir desses materiais, os alunos realizaram as seguintes tarefas:

1. Reação quimioluminescente entre Luminol e água oxigenada comercial catalisada por ferricianeto do potássio;
2. Reação entre ninidrina e aminoácidos deixados pelas digitais;
3. Processo de fisissorção (adsorção física) entre iodo e gorduras deixadas pelas digitais;
4. Preparo da solução a partir de um soluto sólido: uma solução de hidróxido de sódio (soda cáustica obtida comercialmente) 4% m/v em água, utilizando uma garrafa de água de 500 mL e balança obtida comercialmente;
5. Preparo de uma solução 0,3 % de água oxigenada a partir da diluição de uma solução 3 % de água oxigenada (10 volumes) obtida comercialmente.

Todos os processos propostos foram testados.

4.3 Elaboração dos textos e roteiros do Experimento Pedagógico Forense

Depois das confecções dos materiais, elaborou-se um texto motivacional, onde foi criado um episódio fictício, com o propósito de colocar todas as tarefas propostas para os alunos de forma lúdica.

Vale ressaltar que houve cuidado em relação a não inserção de temas relacionados a crimes violentos em si, uma vez que esses atos muitas vezes estão presentes no cotidiano de alunos e professores. Essa preocupação foi motivada a partir dos ensinamentos do pedagogo Paulo Freire, como afirmou Toniolo: a amorosidade, a afetividade não enfraquecem em nada, primeiro, a serenidade de estudar e produzir; segundo, não obstaculizam em nada a responsabilidade política e social. Eu tenho vivido a minha vida amorosamente. (TONIOLO, 2010).

É importante destacar que a escola forneceu o espaço físico para a aplicação da aula prática, porém, todo material necessário para o experimento foi desenvolvido e custeado pela professora.

Após todo planejamento, os alunos foram convidados a participar de uma aula prática investigativa, em que eles interpretariam peritos químicos na resolução de um caso. Para isso, receberam um relatório do episódio dos acontecimentos, juntamente com o roteiro de atividades.

Seguem as atividades propostas para os alunos. O texto elaborado está em anexo (p. 46).

4.3.1 Lista dos materiais utilizados

Para a aplicação da aula experimental, utilizou-se os seguintes materiais por grupo:

- 4 pares de luvas, sendo uma para cada componente do grupo;
- 1 proveta de 100 mL;
- 3 bécheres (um de 100 mL e outros dois de 50 mL);
- 1 caixa com impressão digital a ser revelada;
- 2 garrafas plásticas de 500 mL (uma contendo 0,1g de Luminol e a outra que será utilizada para a preparação da solução de hidróxido de sódio);
- 2 guardanapos (um contendo batom e o outro contendo batom e sangue artificial);
- 1 par de óculos de proteção.

Para a aplicação da aula experimental, utilizou-se os seguintes materiais para todos os

alunos:

- 1 balança digital;
- Hidróxido de sódio sólido (comercial) para o preparo da solução 4% m/v;
- Água oxigenada de 10 volumes (comercial) para o preparo da solução 0,3% v/v;
- 1 colher de sobremesa;
- 1 câmara escura;
- 2 câmaras reveladoras com iodo e areia;
- 1 catálogo de digitais;
- 1 borrifador com a solução de ninidrina (previamente preparada);
- 1 secador de cabelos;
- 2 recipientes plásticos (A e B) para armazenar os papéis com as impressões digitais;
- 1 proveta de vidro.

Figura 11 - Registro fotográfico dos materiais usados por grupo (exceto pinça e câmara reveladora).



Fonte: A autora (2019).

4.3.2 Roteiros do experimento

É importante destacar que os roteiros estão escritos no presente porque foi a forma colocada para os alunos. Vale também ressaltar que, para a resolução do caso proposto, houve tanto a orientação e mediação da professora quanto as indicações contidas nos roteiros A e B.

Após a leitura do texto 1 (anexo 1, p. 46), foram feitos os questionamentos a seguir.

- 1) Quais pessoas estavam na sala e deixaram a impressão digital na cartolina branca sobre a bancada?
- 2) Quais pessoas manusearam as caixas de medicamentos e estavam na etapa de embalagem de medicamento sem o cuidado necessário?

3) O frasco com medicamentos com tonalidade vermelha realmente era sangue?

Instruções:

- a) Coloque as luvas;
- b) Anote o que será observado;
- c) Siga as seguintes instruções dos roteiros.

Roteiro A - Investigação para os questionamentos 1 e 2, descritos na página anterior:

Objetivos: Verificação das Impressões digitais (papiloscopia) dos pedaços de cartolina e das caixas de medicamentos.

Primeiro procedimento: Verificação das impressões digitais da cartolina.

→ Etapas do procedimento:

1º) Adicione, separadamente, com o auxílio de uma pinça, os pedaços de cartolina contidos nos recipientes **A** e **B** ao recipiente contendo iodo e areia. Deixe agir por aproximadamente 1 a 2 minutos, até revelar as digitais.

2º) Retire os pedaços de cartolina com a auxílio de uma pinça, compare-os com as 5 digitais presentes no catálogo de digitais, identificando seus respectivos nomes.

- ✓ Verifique se é possível apontar as pessoas a partir do catálogo de digitais. Compare as digitais.

Segundo procedimento: Verificação das impressões digitais das caixas de medicamentos.

→ Etapas do procedimento:

Observação: O aluno que vai fazer esse procedimento deve utilizar, além das luvas, os óculos de proteção.

1º) Borrife 2 vezes a solução de ninidrina numa distância de aproximadamente 10 cm do ponto central da caixa de medicamento.

2º) Seque o local com secador de cabelo durante aproximadamente 5 minutos, até revelar a digital.

3º) Compare os resultados com o catálogo de digitais para identificar quem tocou na caixa de medicamentos.

Depois da execução do roteiro **A**, iniciou-se o processo investigativo com o auxílio do roteiro **B**.

Roteiro B - Investigação para o questionamento de número 3:

3) Os frascos com medicamento com tonalidade vermelha realmente eram sangue? Objetivos: Verificação de “sangue” no frasco.

Uma amostra de cada frasco, os de tonalidade vermelha e amarela, foi transferida para guardanapos distintos, dessa forma, os alunos tiveram que realizar os ensaios nos dois guardanapos.

Terceiro procedimento:

→ Etapas do procedimento:

1º) Usando a balança digital, pese 20g de **NaOH** em um recipiente e adicione a massa dentro da garrafa plástica com 500 mL de capacidade. Depois complete com água e agite.

2º) Em uma proveta de 50 mL, adicione 5 mL de **H₂O₂** (10 volumes) e complete com água até chegar ao volume de 50 mL. Depois transfira o material para um béquer de 100 mL de capacidade.

3º) Com o auxílio de uma proveta, acrescente 5 mL da solução de **NaOH** preparada na 1º etapa desse procedimento dentro da garrafa de 500 mL de capacidade que está etiquetada com o nome **Luminol**, que contém 0,1 g dessa substância. Em seguida adicione água até completar o volume total da garrafa de plástico, 500 mL.

4º) Utilizando uma proveta, adicione aproximadamente 50 mL da solução com **Luminol** preparado na 3º etapa aos 50 mL da solução contendo **H₂O₂**, preparada na 2º etapa desse procedimento

5º) Divida a solução preparada na 4º etapa em dois béqueres identificados por 1 e 2.

6º) Com o auxílio de uma pinça, coloque o guardanapo 1, dentro da solução contida no béquer 1. Leve-o para a caixa de revelação e observe o que acontece.

7º) Com o auxílio de uma pinça, coloque o guardanapo 2, dentro da solução contida no béquer 1. Leve-o para a câmara de revelação de quimioluminescência e observe o que acontece.

Observação: Ambos os guardanapos estavam pintados com batom de tonalidade vermelha, porém, somente um deles estava contaminado com o sangue artificial. Nesse caso, para simular o sangue, usou-se solução de ferricianeto de potássio.

Ao final da prática, os alunos foram convidados a responder dois questionários: um sobre a aula prática, no qual havia perguntas sobre alguns conhecimentos obtidos previamente em outros momentos da trajetória escolar; e outro, no qual eles avaliaram o experimento. Além disso, foi dado aos alunos textos complementares relacionados à Química Forense. Os questionários encontram-se nos anexos 2 e 3, respectivamente.

A aula prática foi realizada com alunos do terceiro ano do ensino médio de uma Escola Pública localizada no município de Nova Iguaçu, no estado do Rio de Janeiro. Para participar deste trabalho, foram convidados 16 alunos de 4 turmas distintas do terceiro ano do ensino médio do turno matutino (3001, 3002, 3003 e 3004). Formaram-se quatro grupos de alunos por mesa, que antes foram preparadas com os materiais necessários para a prática, que iniciou às 09h20min e terminou por volta de 11h20min, durando aproximadamente duas horas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao receberem a proposta para participar de uma aula com conotação investigativa forense, a grande maioria dos alunos mostrou interesse, mesmo quando foi comunicado que tal experimento não lhes daria nenhuma pontuação. Voluntariamente, muitos dos alunos se candidataram a participar, porém, por questão de espaço físico no laboratório da escola, foram sorteados quatro alunos de cada turma.

A escolha da prática com conotação forense foi pensada com o intuito de fornecer uma aula atrativa e contextualizada, que levasse os alunos a uma aprendizagem significativa de forma dinâmica, e também de maneira a promover coletivamente a interação entre os participantes da aula prática (aluno-aluno e aluno-professor).

De acordo com Lima (2016), o ensino de química através da Química Forense como tema para a contextualização, proporciona ao aluno um maior interesse pela matéria, pois o contexto está inserido em seu cotidiano, seja pela exposição de casos de séries fictícias de investigações criminais ou mesmo pela própria realidade que lhe é imposta.

5.1 Elaboração de materiais alternativos para o Experimento Forense

Para a realização da aula prática, procurou-se produzir materiais alternativos e de baixo custo, embora alguns obstáculos tenham surgido.

No preparo da câmara de revelação de fluorescência (figura 6), precisou-se encontrar um material para a construção da caixa que fornecesse um ambiente totalmente escuro, fator

necessário para a revelação da reação de fluorescência. Para isso, utilizou-se uma casa de cachorro para animais de médio porte, pois ela fornece o ambiente favorável e ainda possui um custo relativamente baixo. Sendo assim, fez-se as adaptações necessárias, como vedar com fita isolante todas as frechas por onde pudesse passar a luz, e também confeccionar os seis orifícios de 5 centímetros de diâmetro para a visualização da reação. Essas aberturas, assim como a parte frontal da caixa, foram cobertas com um tecido de brim na cor preta, como já demonstrado na figura 6, da seção 4.1.

Em relação ao borrifador com ninidrina, inicialmente usou-se um borrifador utilizado para molhar plantas, que não foi ediciente, pois o jato era muito forte e molhava todo o papel, que se desfez. Assim, chegou-se ao borrifador bucal (figura 7, seção 4.1), encontrado em farmácias, que fornece um jato espalhado e fino, favorável para aspergir a ninidrina e, além disso, também tem um baixo custo.

Para a feitura da câmara reveladora de papiloscopia usando iodo, inicialmente utilizou-se iodo comercial puro, mas essa substância manchava todo o papel com a impressão digital a ser analisada e não revelava nada. Assim, depois de alguns testes, chegou-se à mistura de 10 gotas de iodo comercial com aproximadamente 20g de areia. Essa combinação, além de ser elaborada com materiais de baixo custo, também forneceu uma revelação favorável para o objetivo da prática, que não necessitava de uma identificação minuciosa das digitais.

Para o preparo do catálogo de digitais (figura 9, seção 4.1), a principal questão era elaborar um catálogo com as digitais que não descorresse. Dessa maneira, utilizou-se uma almofada de carimbo (figura 8, seção 4.1) para a impressão das digitais, que atingiu satisfatoriamente às necessidades do experimento.

Para o sangue que seria utilizado para a reação de fluorescência com o luminol, testou-se primeiro o sangue bovino. Porém, para ser utilizado no experimento, deveria ser concentrado, o que gastava muito tempo de secagem. Sendo assim, após alguns testes com outras substâncias, chegou-se ao ferricianeto de potássio, que forneceu o íon do metal ferro necessário para catalisar a reação.

5.1.1 Elaboração do Catálogo de digitais

No catálogo de digitais, as cinco digitais foram impressas usando a almofada de carimbo e depois o catálogo foi plastificado, pois, desta forma, as impressões não perderiam a cor. Cada digital recebeu o nome de um suspeito, os nomes usados foram: Ana, Paula, Jair, André e Viviane. Paula e André foram escolhidos como as personagens que entraram na sala de

medicamentos, como consta no texto motivacional em anexo (pág. 46), por isso apresentam as digitais mais distintas.

Paula teve a impressão feita com o dedo mindinho e André com o dedão do pé. Essa maneira favoreceu a identificação, já que o intuito da prática não era se concentrar em detalhes minuciosos de uma análise papiloscópica, mas sim gerar uma motivação de forma lúdica para que os alunos fossem instigados e envolvidos no contexto da prática, uma vez que estavam fazendo o papel de peritos químicos, cuja função era desvendar o mistério proposto no texto motivacional (anexo 1).

Figura 12 - Registro fotográfico do catálogo de digitais.



Fonte: A autora (2019).

Como pode ser visto na figura 12, houve a preocupação de escolher cinco digitais bem diferentes, sendo quatro delas feitas com os dedos da mão e uma com o dedão do pé – todos da professora que mediou o experimento.

5.1.2 Preparo dos papéis e caixas com as impressões digitais

A partir do catálogo de digitais pronto, realizou-se as impressões digitais nos papéis cartão e nos papéis que serviram de revestimento para as caixas de medicamento. Fez-se testes usando o suor e depois usando a saliva – que gerou melhor fixação das impressões.

Os papéis com as digitais dos dois suspeitos foram colocados cada um em um recipiente plástico, A e B, como mostra a figura 13.

Figura 13- Registro fotográfico dos recipientes para armazenamento das digitais.



Fonte: A autora (2019).

Nos papéis cartão, as impressões digitais foram do André e da Paula, enquanto nas caixas de medicamento, as impressões foram as da Paula.

5.1.3 Preparação da câmara reveladora de digitais com iodo comercial e areia

Na utilização do iodo como revelador de digitais, inicialmente essa substância foi testada pura e verificou-se que não daria certo, pois, ao sublimar, tingia todo o papel e não havia como identificar a digital. Todavia, quando foi adicionada areia ao iodo líquido, a sublimação do iodo foi mais controlada e proporcionou a revelação da digital. Assim, ao colocar o papel com a digital a ser revelada dentro do recipiente com tampa, a revelação ocorreu rapidamente, em cerca de 30 segundos, e com uma qualidade suficiente para ser usada na identificação dos dois suspeitos, como relata o texto motivacional (anexo 1).

Figura 14 - Registro fotográfico da Papiloscopia (revelação com Iodo).



Fonte: A autora (2019).

5.1.4 Preparação do borrifador de solução de ninidrina

Para a identificação do suspeito que tocou a caixa, fez-se o uso da ninidrina, um reagente usado em práticas de laboratório, de um modo geral, e por peritos químicos em análises papiloscópicas. A principal questão foi: como borrifar a substância na caixa com as digitais?

A partir de um borrifador usado para molhar plantas, foi realizado alguns testes, mas o jato era muito forte e concentrado em um mesmo sentido, não sendo, portanto, eficiente para o experimento. Então, observou-se que o jato deveria ser mais fino e pulverizar uma área maior e de forma mais suave. Assim, chegou-se ao borrifador de mel e própolis, utilizado para aliviar a garganta. Visto que esse modelo foi eficaz, lavou-se o recipiente, adicionou-se a solução alcoólica (comercial) de ninidrina (10% m/v) e, assim, o lacrou-se (figura 15). Para manuseio e preparação deste item, veja o item 4.1 de elaboração dos materiais, página 17.

Desse modo, os alunos aplicaram a solução de ninidrina na caixa com o borrifador. Em seguida, foi utilizado o secador de cabelos para acelerar a reação entre a ninidrina e os aminoácidos presentes nas digitais. Assim, esse aparelho não foi usado somente com o intuito de secar as digitais. Diante disso, os alunos conseguiram perceber o surgimento das digitais e identificá-las sem dificuldades.

Figura 15 - Registro fotográfico da análise das impressões digitais.



Fonte: A autora (2019).

5.1.5 Produção de amostras de guardanapo contendo ferricianeto de potássio e batom vermelho

A elaboração das amostras contendo sangue artificial iniciou-se a partir do sangue oriundo do fígado de boi. Desse modo, um guardanapo foi impregnado com esse sangue e depois secado com o secador de cabelo, mas esse experimento não foi eficaz, uma vez que, além do longo tempo de preparação, o cheiro não era agradável. Assim, precisou-se de um material que agisse da mesma forma que o sangue na presença de luminol e peróxido de hidrogênio.

A literatura relata, no artigo *Ciência Forense: manchas de sangue* (CHEMELLO 2007), que a reação quimiluminescente de oxidação do 5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona (luminol) é catalisada pelo íon metálico de ferro, presente no grupo “heme” da hemoglobina. Na impregnação de sangue de fígado de boi no guardanapo, observou-se que a reação de quimiluminescência só acontecia após a secagem do guardanapo com o secador de cabelo, isso indicava que a reação ocorria de forma mais favorável em presença do Fe (III).

A partir desses resultados, foram testados os sais FeCl_2 , FeCl_3 e $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. A reação só ocorreu a partir do último composto, embora a literatura, no artigo *A quimiluminescência como ferramenta analítica: do mecanismo a aplicações da reação do luminol em métodos cinéticos de análise* (FERREIRA & ROSSI, 2002) relate a utilização do FeCl_2 e FeCl_3 na reação

de quimiluminescência utilizando luminol.

Tendo o sangue artificial ($K_3[Fe(CN)_6]$), iniciou-se a etapa de preparação dos guardanapos para a constatação de qual deles haveria sangue, seguindo a elucidação do problema proposto no texto (anexo 1).

Ambos os guardanapos (1 e 2) foram pintados com batom de tonalidade vermelha, porém, somente um deles foi impregnado com o sangue artificial (figura 16).

Figura 16 - Registro fotográfico os guardanapos pintados com batom, um deles impregnado com sangue artificial.



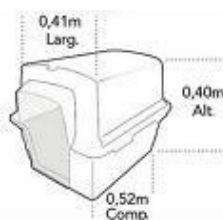
Fonte: A autora (2019).

5.1.6 Produção da câmara de revelação de fluorescência com o luminol.

Uma mistura de uma solução alcalina de luminol e peróxido de hidrogênio diluído, quando borrifada em uma amostra que contém sangue, promove uma reação de quimiluminescência gerando uma emissão de luz fluorescente de coloração azul que brilha no escuro e desaparece em poucos segundos. A substância responsável pelo brilho azul é a 3-aminoftalato, composto que emite a quimiluminescência em razão da dissipação da energia acumulada, ocasionada em virtude da mudança de nível energético dos elétrons, proporcionando fluorescência (FERREIRA & SOUZA, 2018).

Para que fosse possível a visualização da coloração azul brilhante, era necessário que o ambiente estivesse completamente escuro. Porém, seria complicado ter uma sala completamente escura para a visualização da reação de quimiluminescência, assim, o ideal seria produzir uma caixa de fácil preparação e economicamente viável para esse fim. Desse modo, a caixa, que chamamos de câmara escura para a revelação de fluorescência, foi preparada com uma casinha de plástico para animal doméstico de médio porte com as seguintes dimensões:

Figura 17- Dimensões da casinha para animal doméstico.



Fonte: A autora (2019).

Seis orifícios circulares de mais ou menos 5 centímetros de raio foram feitos na parte superior da caixa com a ajuda de um estilete aquecido na chama do fogão, como mostra a figura 18:

Figura 18 - Registro fotográfico da parte superior da caixa de revelação com exposição dos orifícios circulares.



Fonte: A autora (2019).

Tecidos de brim na cor preta foram colocados na caixa para cobrir sua parte frontal e os furos feitos na parte superior, como mostra a figura 19. Dessa forma, obteve-se o ambiente ideal para a visualização do experimento.

Figura 19- Registro fotográfico da parte superior da caixa de revelação com a colocação dos tecidos de brim.



Fonte: A autora (2019).

A câmara escura para revelação de fluorescência tem capacidade de acomodar 4 alunos para a visualização, um na parte frontal e os outros três nas extremidades que contêm os pares de furos. Porém, no dia da aplicação do experimento, no momento de utilizar a caixa para visualização, por conta da curiosidade dos alunos, todos do mesmo grupo se posicionaram na

parte frontal da caixa e não ocuparam as laterais, como mostram as fotos a seguir (figura 20).

Figura 20- Registro fotográfico da observação através da câmara de revelação.



Fonte: A autora (2019).

Nem mesmo a curiosidade e a inquietação dos alunos em visualizar o experimento, mesmo sem ocupar corretamente os locais de visualização, atrapalharam sua motivação e seu comprometimento em desvendar a situação proposta (texto1, anexo 1). Essa observação corrobora com a análise de Lewin e Lomascólo:

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN & LOMASCÓLO, 1998, p.148 apud FERREIRA *et al.* 2010, p.102).

5.1.7 Segurança no laboratório para a preparação da solução de ninidrina.

A solução etanólica (álcool etílico comercial 96% v/v) 10% m/v de ninidrina foi preparada previamente pela professora no laboratório. Foram utilizados capela e materiais de proteção, como óculos e luvas, devido à toxicidade moderada da ninidrina (anexo 4).

Durante a aula prática com os alunos, houve preocupação em deixar o ambiente bem arejado, com as janelas do laboratório abertas. Todos os alunos, no decorrer da aula prática, utilizaram luvas, e aqueles que participaram do teste de revelação com ninidrina colocaram também óculos de proteção.

5.2 A participação dos alunos

Inicialmente, ao fazer a proposta da aula prática com conotação investigativa forense, a maioria dos alunos teve interesse em participar do projeto, como citado anteriormente. O convite para a aula foi feito quinze dias antes da realização da prática.

Os alunos foram selecionados através de um sorteio para que a seleção fosse democrática. Os não selecionados cobraram da professora outra oportunidade de participar também, o que instiga uma futura repetição da prática. É importante ressaltar que, mesmo sem que haja pontuação, os alunos demonstraram interesse pelo experimento, o que comprova as teorias apresentadas anteriormente.

Ao entrarem no laboratório da escola, os 16 alunos se organizaram em quatro grupos, não houve interferência da professora nessa formação. Assim, os próprios alunos se dividiram por turma.

Na introdução da aula, a professora anunciou aos alunos que, daquele momento em diante, eles seriam considerados peritos químicos, portanto, deveriam se paramentar com as luvas e acompanhar a leitura do texto motivacional. Prontamente foi observada uma postura diferente por parte dos alunos, que prestaram atenção no que enunciava a professora, assumiram o personagem e se mostraram dispostos a solucionar o problema (figura 21).

Figuras 21 - Registro fotográfico da introdução da aula mediada pela professora e acompanhada pelos alunos.



Fonte: A autora (2019).

No decorrer da aula prática, em cada etapa do experimento a professora estava presente, participando ativamente, observando e mediando, quando necessário, todo o processo.

A organização entre eles foi interessante, pois todos queriam participar efetivamente do processo. Assim, em cada etapa da prática, um aluno regia o experimento e os outros observavam – a professora não interferia. Desse modo, a dinâmica da prática foi imposta pelos próprios alunos.

Ao desvendar cada passo da investigação, a turma ficava mais motivada a realizar o próximo experimento, bem como pode ser observado a seguir, na figura 22.

Figura 22 - Registro fotográfico da interação dos alunos na aula experimental.



Fonte: A autora (2019).

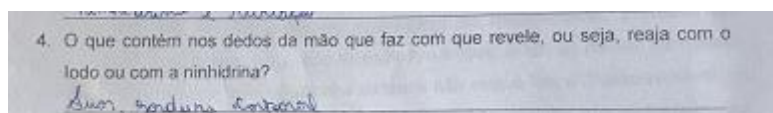
5.3 Aplicação dos questionários

Ao final do experimento, os alunos receberam dois questionários: um para ser respondido em grupo (4 grupos de 4 alunos cada), sobre assuntos relacionados à prática e ao conteúdo; e outro para ser respondido individualmente, sobre avaliação do experimento.

5.3.1 Questionário sobre a aula prática

No questionário sobre a aula prática (anexo 2, página 51) surgiram algumas respostas interessantes. Assim, com a pergunta: O que contém nos dedos da mão que faz com que revele, ou seja, reaja com iodo ou com a ninidrina?, obteve-se a resposta: Suor, gordura corporal.

Figura 23 - Registro fotográfico da questão 4.



Fonte: A autora (2019).

Ao atingir essa resposta, a professora os instigou: Mas por que motivo o suor? Então alguns alunos responderam: “*Professora, quando a pessoa faz alguma coisa errada, ela começa a suar de nervoso*”.

Com o intuito de auxiliar os alunos nas questões 8 e 9, cada grupo recebeu textos informativos sobre a Química forense. Os alunos leram os textos, e observaram o estado de oxidação do ferro no ferricianeto, recordando que nox foi um assunto já trabalhado no ano corrente. Assim, um exemplo das respostas obtidas pode ser observado a seguir:

- Questão 8: Qual o nome do fenômeno luminoso observado em presença de luminol?

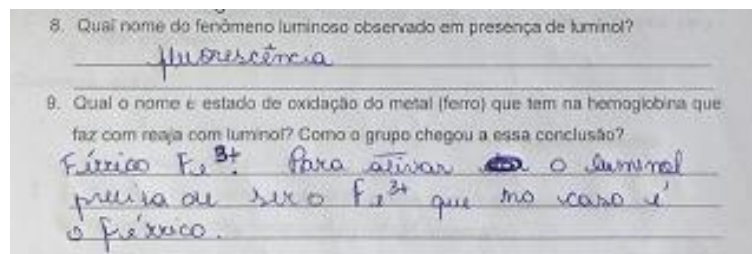
A resposta fornecida por todos os grupos foi fluorescência.

- Questão 9: Qual o estado de oxidação do metal que tem na hemoglobina que faz com que reaja com luminol? Como o grupo chegou a essa conclusão?

A resposta fornecida por todos os grupos foi: Fe^{3+} , mas com conclusões distintas.

Observação: A questão de número 9, em relação a seu contexto, deve ser reformulada da seguinte forma: Qual o estado de oxidação do metal (ferro) que tem no sangue artificial (ferricianeto de potássio) que faz com que o íon funcione como catalisador da reação com o luminol? Como o grupo chegou a essa conclusão?

Figura 24 - Registro fotográfico das questões 8 e 9.

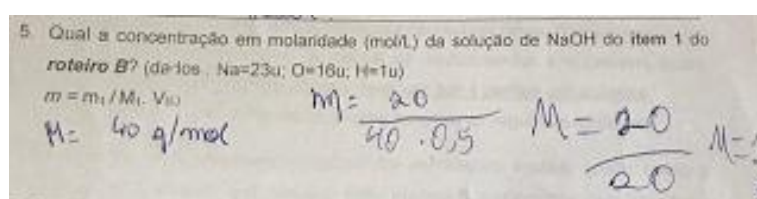


Fonte: A autora (2019).

Com relação à solução preparada pelos alunos, foi pedido que eles calculassem a concentração molar da solução de NaOH contida no experimento proposto a fim de que respondessem à pergunta de número 5 (Qual a concentração em molaridade (mol/L) da solução de NaOH do item 1 do roteiro B?).

Nesse momento, a professora reiterou que tal assunto foi trabalhado na série anterior e relembrou a fórmula usada no cálculo da concentração molar junto com a turma. Vale ressaltar que todos os grupos calcularam corretamente a concentração molar da solução.

Figura 25 - Registro fotográfico da questão 5.



Fonte: A autora (2019).

As perguntas foram elaboradas de maneira que os alunos percebessem a aplicação dos conteúdos já aprendidos na prática.

5.3.2 Questionário sobre a avaliação do experimento

O questionário (anexo 3) teve como principal objetivo verificar a avaliação dos alunos em relação ao experimento aplicado e o seu contato com aulas experimentais. Vejamos alguns resultados obtidos.

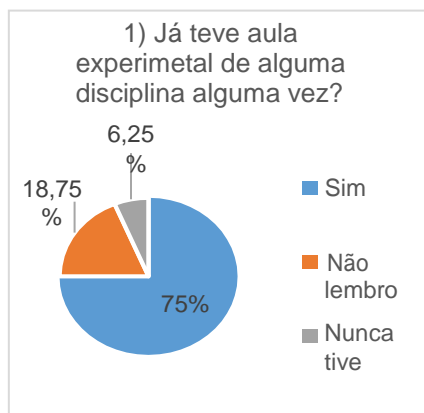
Pergunta 1:

Algumas respostas obtiveram a mesma percentagem, assim, foram agrupadas. Diante disso, a princípio, haverá uma discussão pontual e, após a apresentação dos gráficos, uma discussão geral.

Quando lhes foram perguntados se já haviam tido aula experimental de alguma disciplina alguma vez, 75% dos alunos afirmaram que sim, 18,75% que não lembravam e 6,25% que nunca tiveram (gráfico 1).

O resultado obtido é diferente da realidade existente na maioria das escolas públicas do Brasil, uma vez que o que se observa nesses espaços, em geral, é a falta de estrutura dos laboratórios, quando existem, aliada, muitas vezes, ao despreparo do docente, como indicam Mello & Barboza (2007). Porém, a escola onde foi realizada a atividade lúdica possui um laboratório que costuma ser utilizado pelos docentes. Certamente esse fator colaborou positivamente para as respostas dos alunos.

Figura 26 - Gráfico 1 - Pergunta 1 do questionário: “Já teve aula experimental de alguma disciplina alguma vez?”.

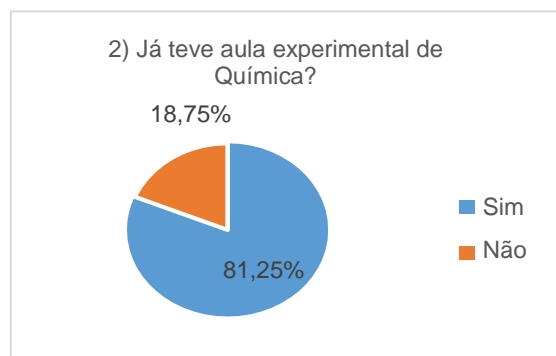


Fonte: A autora (2019).

Pergunta 2:

Ao serem perguntados se já haviam tido aula experimental de química: 81,25% dos alunos disseram que sim e 18,75% disseram que não. Assim como na primeira pergunta, de uma maneira geral, esse dado não reflete a realidade da maioria das escolas públicas brasileiras.

Figura 27- Gráfico 2 - Pergunta 2 do questionário: “Já teve aula experimental de Química?”.



Fonte: A autora (2019).

As alternativas **a,b,k,m** obtiveram 100% de afirmação dos alunos:

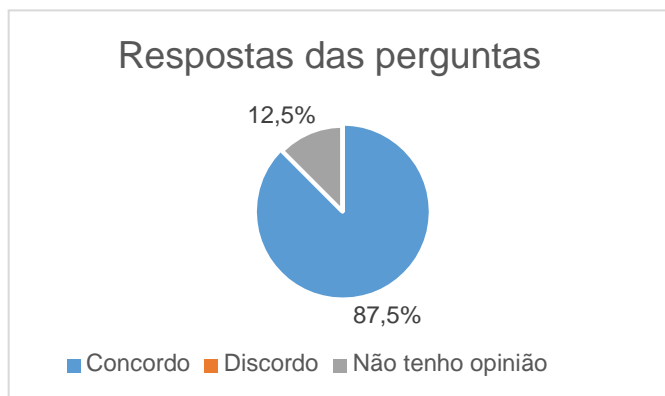
- Se a aula experimental tinha sido dinâmica, 100% dos alunos afirmaram que sim;
- Se aula experimental tinha sido interessante, 100% dos alunos afirmaram que sim;
- Se puderam observar a importância da química para desvendar os casos, 100% dos alunos afirmaram que sim;
- Se gostariam de ter mais aulas experimentais, 100% dos alunos afirmaram que sim.

As alternativas **c e d** obtiveram os mesmos percentuais de respostas:

- Se houve motivação para fazer o experimento, 87,5% dos alunos concordaram, 12,5% não tiveram opinião formada.
- Se os conhecimentos aplicados de ciência foram importantes para desvendar os casos, 87,50% dos alunos concordaram, 12,50% não tiveram opinião formada.

Desse modo, as respostas obtidas no tópico **d**, associadas ao próximo (**g**), relevam que a maioria dos alunos percebeu a química como ferramenta importante para a resolução da situação problema trazida pela atividade proposta. Além do mais, o conjunto de respostas dadas aos tópicos **a, b, c, k, j** (a seguir) mostra que a aula experimental lúdica teve a participação dos alunos com entusiasmo. É certo que os alunos estavam motivados a realizar as atividades, como é corroborado no momento em que todos, ao mesmo tempo e pelo mesmo lado, foram verificar a reação na caixa de revelação.

Figura 28 - Gráfico 3 - Perguntas **c** e **d** do questionário, respectivamente: “Houve motivação para fazer o experimento?” e “Se os conhecimentos aplicados de ciência foram importantes para desvendar os casos?”.



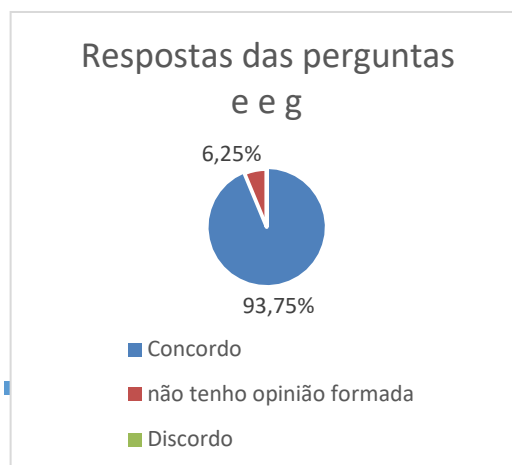
Fonte: A autora (2019).

As alternativas **e**, **g**, **i** também obtiveram os mesmos percentuais de respostas:

- e. Se a equipe de alunos estava interessada, 93,75% concordaram, 6,25% não tiveram opinião formada;
- g. Se foi possível perceber o quanto a ciência foi importante para desvendar os casos, 93,75% concordaram, 6,25% não tiveram opinião formada;
- i. Se foi importante a colaboração entre os alunos, 93,75% concordaram, 6,25% não tiveram opinião formada.

O trabalho em equipe, a colaboração e a troca de experiências fazem parte de um conjunto importante de competências para um profissional da sociedade contemporânea. Assim, as respostas obtidas nas questões **e** e **i** mostram que os alunos conseguiram trabalhar em equipe para resolver a atividade lúdica, e, mais que isso, perceberam a importância de discutir e trocar informações.

Figura 29 - Gráfico 4 - Perguntas e e g do questionário, respectivamente: “A equipe de alunos estava interessada?” e “Foi possível perceber o quanto a ciência foi importante para desvendar os casos?”.

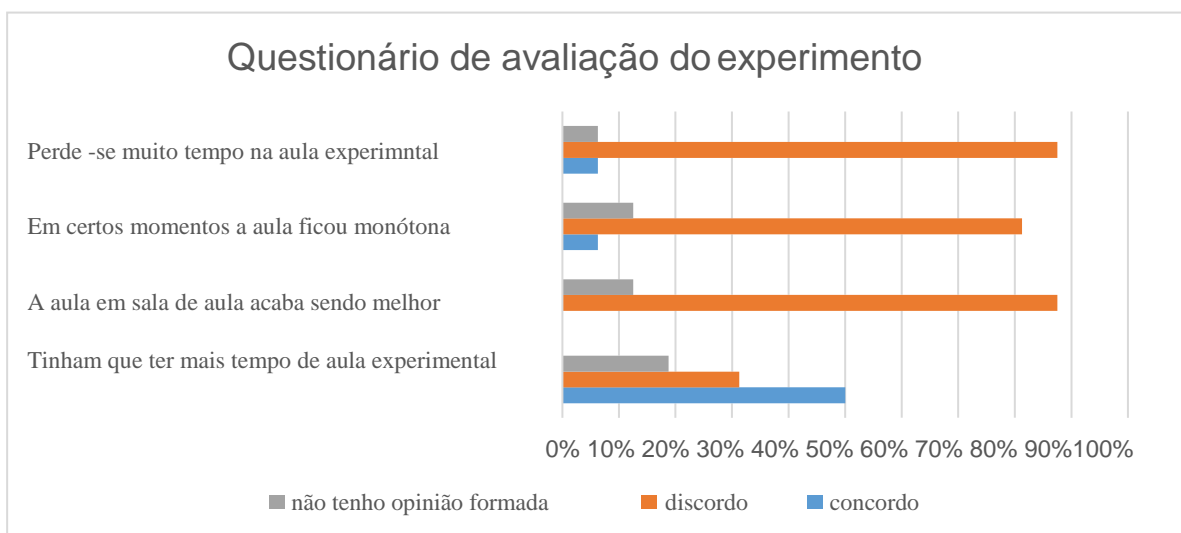


Fonte: A autora (2019).

As alternativas **f,h,j,l** obtiveram os seguintes percentuais:

- a. Se tinha que haver mais tempo para aula experimental, 50% dos alunos concordaram, 31,25% discordaram e 18,75% não tinham opinião sobre o assunto;
- h. Se a aula em sala de aula acaba sendo melhor, 87,50% dos alunos discordaram, 12,50% não tinham opinião formada;
- j. Se em certos momentos a aula ficou monótona, 81,25% dos alunos discordaram, 12,5% não tinham opinião formada e 6,25% concordaram;
- l. Se perde-se muito tempo em aula experimental, 87,5% dos alunos discordaram, 6,25% não tinham opinião formada e 6,25% concordaram.

Figura 30 - Gráfico 5 - Perguntas **l**, **j**, **h**, **a**, respectivamente, do questionário: “Perde-se muito tempo na aula experimental?”; “Em certos momentos a aula ficou monótona?”; “A aula em sala de aula acaba sendo melhor?”; “Tinha que ter mais tempo de aula experimental?”.



Fonte: A autora (2019).

A partir dos resultados obtidos da alternativa **f**, pode-se observar que o tempo, parece ser razoavelmente adequado.

As questões **h** e **l** se complementam e mostram que a aula experimental deve ser valorizada como prática pedagógica importante, entretanto, as atividades devem ser planejadas. A partir da análise do questionário da avaliação do experimento, pode-se verificar que 100% dos alunos concordaram que a aula experimental é mais interessante e dinâmica. Em relação à motivação para fazer os experimentos, 87,5% dos alunos se sentiram motivados. Sobre o questionamento quanto ao interesse de resolução do problema pelas equipes, 94% dos alunos afirmaram interesse. Ao serem perguntados se a aula em sala de aula era melhor, 87,5% dos alunos discordaram e 12,5% não tiveram opinião formada. Quanto à monotonia do processo, 81,25% disseram que a aula não foi monótona. É notório, portanto, que todas as perguntas direcionadas à motivação, ao interesse e à participação dos alunos obtiveram respostas positivas.

Quanto à importância da colaboração entre os alunos na prática aplicada, 93,75% dos alunos acharam importante, ou seja, o espírito de colaboração e a interação entre os componentes do grupo ocorreram durante a aula prática.

Quanto à importância da ciência para desvendar os casos, 87,5% dos alunos concordaram com essa hipótese e 100% observaram a importância da química para desvendar o que foi proposto no experimento.

Para finalizar o questionário, perguntou-se se os alunos gostariam de ter mais aulas

experimentais, e toda a turma, ou seja, 100% dos alunos, afirmou que sim – o que confirma a motivação causada pela aula experimental. Porém, só motivar os alunos não é o bastante para uma aprendizagem significativa, logo, essa motivação desse ser acompanhada de uma contribuição do professor para o aprendizado do educando.

Na aplicação do questionário que os alunos deveriam discutir em grupos, algumas observações interessantes foram feitas. O fato de manusearem as vidrarias e os instrumentos de medição, como balança e provetas graduadas, deu aos alunos uma noção de medidas em relação a pesos e volumes, que são assuntos de difícil assimilação em sala de aula. Desse modo, quando precisaram calcular a concentração de NaOH que prepararam, a maioria mostrou confiança e facilidade nos cálculos, uma vez que visualizaram e participaram ativamente do processo de preparo.

Na verificação da revelação com iodo e ninidrina, ao serem questionados sobre o que continha nos dedos das mãos para que houvesse a fixação dos reagentes, eles responderam que era o suor, uma vez que a pessoa, ao cometer um delito, começa a suar. Desse modo, a turma mostrou os conhecimentos prévios importantes para a resolução do problema.

Outro fator interessante foi referente à revelação com o luminol quanto ao estado de oxidação do ferro para que houvesse o fenômeno da fluorescência. Nesse momento, o texto complementar, que continha informações sobre o luminol e também a fórmula do íon ferricianeto, ajudou os alunos a chegarem as suas próprias conclusões. Dessa maneira, o texto apresentado foi fundamental para auxiliar os alunos, que não conheciam o fenômeno da fluorescência até o momento que tiveram o contato visual – favorecido pela aula prática.

Um dos desafios encontrado pelos docentes é como despertar o interesse dos discentes na disciplina. O professor é, assim, desafiado a desenvolver situações que estimulem o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, de maneira a modificar as práticas pedagógicas de modo que o conhecimento seja o objetivo central, não seu armazenamento, como reflete Luckesi (2011).

Neste trabalho, observou-se que o experimento forense aplicado de forma lúdica obteve diversos pontos educacionais positivos no decorrer de sua aplicação, a começar pelo interesse dos alunos na participação da aula prática, mesmo sem pontuação extra. Houve grande entusiasmo em participar dessa proposta diferente de aprendizado com conotação investigativa forense, em que os alunos virariam peritos criminais e elucidariam um crime, sem acepções de violência. Essa prática lúdica aguçou a curiosidade e o interesse dos alunos.

Outros aspectos relevantes observados no andamento da prática foi o espírito de colaboração e organização entre os participantes dos grupos, que estavam empenhados em

elucidar o crime. Diversos pontos comprovam esse empenho: a divisão das tarefas, o cuidado no preparo das soluções, a atenção em cada etapa do processo investigativo. Também é importante ressaltar o fato de a professora explorar de forma criativa alguns conceitos químicos usando a contextualização e a interdisciplinaridade durante todo o processo de ensino-aprendizagem.

Na fase de identificação de digitais com iodo, a técnica do vapor de iodo permite ao docente trabalhar conceitos como o fenômeno físico da sublimação, adsorção física, forças intermoleculares e outros conteúdos.

Na etapa do preparo de soluções, pode-se trabalhar com conceitos básicos de solução, como o que é uma solução, a diferença entre soluto e solvente, cálculos de concentração, transformações de unidades e diluição de soluções.

No teste de identificação de sangue, o conceito de quimiluminescência aliado ao fenômeno da fluorescência pode ser explorado; também é possível abordar o tema número de oxidação.

Um fato interessante observado durante a aplicação da prática foi a motivação causada por tal experimento lúdico, que tornou os discentes protagonistas de seu próprio aprendizado.

Outros trabalhos com característica semelhantes a este também obtiveram similaridades a estes resultados. Como na revista *Química Nova na Escola*, de 2016, onde os autores Cruz, Ribeiro, Longhinotti e Mazzetto publicaram um artigo que trabalha a experimentação lúdica usando práticas forenses de forma interdisciplinar e contextualizada, tornando o conteúdo menos teórico – o que motivou a participação e a aprendizagem dos alunos.

Em 2013, Vale, em sua dissertação, *Ciência Forense na Escola – a motivação para estudar Química*, apresentou a Ciência Forense como um tema facilitador do processo de ensino-aprendizagem, pois motiva, desperta a curiosidade e o interesse dos alunos, e também favorece a contextualização dos conceitos e conteúdos a serem abordados.

Rosa, Silva e Galvan, em seu artigo publicado em 2013, na revista *Química Nova na Escola*, falam sobre a importante atuação da experimentação associada à Ciência Forense como uma ferramenta didática que pode ser utilizada como facilitadora no processo ensino-aprendizagem e para inserção de conteúdos de química.

Francisco James Oliveira Silva (2019), em seu artigo intitulado “A perícia papiloscópica apresentada como alternativa para o ensino de Química no Estado de Roraima”, ao aplicar o questionário para avaliar o seu trabalho, chegou à conclusão de que o interesse das pessoas pela química é potencializado quando o prisma da atividade é pericial, possibilitando o estímulo e a curiosidade das pessoas.

Portanto, durante toda a preparação desse projeto, a atenção foi voltada exclusivamente para a melhoria da qualidade do ensino. Houve extrema preocupação com a escolha dos materiais, que são, em sua maioria, de baixo custo e acessíveis ao professor, e, ainda, atrativos aos alunos. Assim, colaboram com a construção de uma aprendizagem significativa e contextualizada.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

6.1 Elaboração e aplicação dos experimentos

A elaboração do material teve pontos importantes em relação à preparação da prática do experimento investigativo. Alguns pontos foram cruciais, como a construção da câmara escura, que, a princípio, aparentava ser fácil, porém, a qualquer traço de luz, refletia na observação da reação de quimiluminescência, dificultando o processo. A escolha de um borrifador que conseguisse aspergir de forma suave também foi fundamental na revelação das digitais sem danificá-las.

Outro ponto substancial neste processo foi a preparação do sangue artificial, visto que, no planejamento, acreditou-se que seria eficaz simplesmente coletar um sangue de origem bovina em um açougue. Contudo, houve a necessidade de concentrar o sangue que dispensava um tempo considerável. Assim chegou-se à mistura de $K_3[Fe_3(CN)_6]$ e batom.

Apesar de toda a preparação e teste do roteiro, houve tumulto no momento da observação da caixa, ponto esse que deverá ser reestruturado para uma futura aula.

Todavia, apesar dos percalços e dificuldades encontrados durante o caminho da preparação do material e roteiro, foi possível transpô-los, e, desta forma, executar o experimento.

6.2 Avaliação do Experimento

Por meio da observação empírica e através da avaliação do experimento por intermédio do questionário, a atividade lúdica forense aplicada alcançou pontos importantes, tais como: desafiou os alunos, uma vez que tiveram que refletir e buscar informações, permitiu a troca de experiências entre grupos, e contribuiu para o crescimento cognitivo, ponto tão destacado por Vygotsky (apud DUARTE, 1999).

De certa forma, a atividade lúdica que foi elaborada e aplicada se distancia dos moldes

tradicionais, e os conteúdos abordados, ou os que poderiam ser abordados, fazem ou poderiam fazer mais sentido ao aluno, uma vez que esses tiveram de preparar soluções, observar diversas reações, seja na utilização da ninidrina ou na reação de quimiluminescência do luminol. Assim, cabe ressaltar que todas as atividades foram desenvolvidas com muito entusiasmo, logo, esse conjunto de fatores se encaixa no contexto da aprendizagem significativa, apontados tanto por Ausubel (1980) quanto por Paulo Freire (1987).

A experimentação investigativa permitiu também que os alunos refletissem sobre a relação direta de sociedade e ciência, pois o experimento forense, de certa forma, cultiva a ideia de que o desenvolvimento de uma sociedade justa perpassa necessariamente pela ciência para a tomada de decisão.

Diante do potencial gerado pela atividade lúdica, alguns assuntos poderiam ter sido melhor explorados. Dentre eles, poderíamos citar:

. **Na etapa de revelação de impressões digitais:** com o iodo poderiam ser abordados mudança de estado físico (sublimação), características, halogênio, posição na tabela; e com a ninidrina seria possível discutir cinética química, lipídios, ácidos graxos e suas reações. Desse modo, a partir do encontro entre a química e a biologia, o aprendizado seria ampliado, o que resultaria em uma interdisciplinaridade

. **Na etapa de preparo de soluções:** poderiam ser abordados outros tipos de concentrações de soluções além da concentração molar trabalhada, como também o assunto relacionado a soluções;

. **Na etapa da revelação do sangue:** poderia ser abordado o fenômeno da fosforescência, além da fluorescência, abrangendo o tema quimiluminescência, uma vez que a energia liberada na reação é sob forma de luz, relacionando os efeitos de emissão de luz e estrutura atômica, matéria já vista no primeiro ano do ensino médio.

Diante de tudo que foi exposto, pode-se concluir que ocorreram erros e acertos durante a elaboração, preparação e aplicação da prática. Contudo, dentro de uma visão geral, com suas devidas considerações, pode-se alcançar o objetivo de proporcionar uma aula prática viável economicamente, contextualizada, motivadora, atrativa, que promova a integração entre os participantes do processo educativo (aluno-aluno e aluno-professor) e que proporcione uma aprendizagem significativa, tendo o professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Filipi Vieira; CALLONI, Humberto. Sobre o conceito de amorosidade em Paulo Freire. **CONJECTURA: filosofia e educação**, v. 22, n. 2, p. 380-392, 2017.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Interamericana, 1980.

AZEVEDO, M. C. P. S. et al. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 3, p. 19-33, 2004.

BARROS, Adriana. Síndrome de Burnout em docentes: suas causas e estratégias para ser enfrentada. *Construir Notícias*, v. 13, n.73, nov./dez., 2013.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2020.

CHEMELLO, Emiliano. **Ciência forense**: impressões digitais. Serra Gaúcha: Químicavirtual, 2006. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

CHEMELLO, Emiliano. **Ciência forense**: manchas de sangue. Serra Gaúcha: Química virtual, 2007. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007jan_forense2.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

CIÊNCIA Forense na Escola – a motivação para estudar Química. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho, [S.l.], 2013. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/25550/1/Ilda%20Goreti%20da%20Costa%20Vale.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

CODO, Wanderley (org.). **Indivíduo, trabalho e sofrimento**: uma abordagem interdisciplinar. Petrópolis: Vozes, p.238, 1993.

CRUZ, Antônio AC et al. A Ciência Forense no ensino de Química por meio da experimentação investigativa e lúdica. **Química Nova na Escola, São Paulo**, v. 38, n. 2, p. 167-172, 2016.

DE SOUZA, Fabio Luiz et al. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. São Paulo: EDUSP, 2013.

DOS SANTOS, Júlio César Furtado. O papel do professor na promoção da Aprendizagem

Significativa. **Revista ABEU**, v. 1, n. 1, p. 9-14, 2013.

DUARTE, Newton. **Vygotsky e o aprender a aprender**. Ed. Autores Associados, São Paulo, 1999.

FARIAS, R.F. *Introdução à química forense*. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

FERNANDES, Elisângela. David Ausubel e a Aprendizagem Significativa. **Nova Escola**, 2011. Disponível em <<https://novaescola.org.br>>. Acesso em 24 jul. 2020.

FERREIRA, Ernesto Correa; ROSSI, Adriana Vitorino. A quimiluminescência como ferramenta analítica: do mecanismo a aplicações da reação do luminol em métodos cinéticos de análise. **Química Nova**, v. 25, n. 6A, p. 1003-1011, 2002.

FERREIRA, Julieta Adriana; SOUZA, Beatriz Salgueiro. Funcionamento do Luminol e sua utilização para a identificação de um sangue latente. **Revista científica da FHO/UNIARARAS**, [s. l.], ano 2018, v. 6, ed. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.uniararas.br/revistacientifica/>>. Acesso em: 24 jul. 2020.

FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney; OLIVEIRA, RC de. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FIGINI, Adriano Roberto da Luz, *et al.*; **Identificação Humana**. Tratado de Perícias criminalísticas. 2 ed., São Paulo: Millennium, 2003.

FRANCISCO JR, Wilmo E.; FERREIRA, Luiz H.; HARTWIG, Dácio R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008.

Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Freitas, A. L. (2008) conscientização (verbete). In D. Streck, E. Redin, & J. J. Zitkoski (org). *Dicionário Paulo Freire* (p. 104 – 106). Belo Horizonte: Editora Autêntica.

GADOTTI, M. **Paulo Freire: su vida y su obra**. Bogota: Codecal, 1991.

GOMES, Andreia Patrícia et al. Ensino de ciências: dialogando com David Ausubel. **Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2009.

GONÇALVES, Raquel Pereira Neves; GOI, Mara Elisângela Jappe. A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2 (esp), p. 207-221, 2019.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.1, 1999. p.45-59.

LIMA, R. S.; SANTOS, A. O.; SÁ, L. V. **Química Forense: Uma proposta de Ensino Contextualizado**. XVIII ENEQ, Florianópolis, 2016.

MELLO, C. C.; BARBOZA, L. M. V. **Investigando a experimentação de química no ensino médio**. Curitiba: SEED, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa: um conceito subjetivo (2011). **Aprendizagem Significativa In Revista (Meaningful Learning Review), Rio Grande do Sul**, v. 1, n. 3, p. 25-46.

NINIDRINA. [S.l.], [2018]. Disponível em:
<<http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=molecula.520>>. Acesso em: 25 jul. 2020

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, CJ de H. Teorias de aprendizagem. **Porto Alegre: Evangraf, UFRGS**, 2011.

PRÄSS, Alberto Ricardo. Teorias de aprendizagem. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 57, n. 9, p. 1689-1699, 2012.

ROSA, M. F.; SILVA, P. S.; GALVAN, F. B. Ciência Forense no Ensino de Química por meio da Experimentação. **Química Nova na Escola**, p. 1-9, 2013.

SAVIANI, Dermeval; FREIRE, Paulo; NOGUEIRA, Adriano. **Interlocuções pedagógicas: conversa com Paulo Freire e Adriano Nogueira e 30 entrevistas sobre educação**. Ed. Autores Associados, p. 133-134, 2010.

SILVA, Francisco James Oliveira. A perícia papiloscópica apresentada como alternativa para o ensino da química no estado de Roraima. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, 2019.

SILVA, RR da; MACHADO, Patrícia Fernandes L.; TUNES, Elizabeth. Experimentar sem medo de errar. **Ensino de química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí**, p. 231-261, 2010.

TONIOLO, Joze Medianeira dos Santos de Andrade. Diálogo e amorosidade em Paulo Freire:: dos princípios às atitudes na formação de professores. 2010. Dissertação (Mestrado) - UFSM, Santa Maria, 2010. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6933/TONIOLO%2c%20JOZE%20MEDIANEIRA%20DOS%20SANTOS%20DE%20ANDRADE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 jul. 2020.

Vale, Ilda Goreti da Costa. *Ciência forense na escola: a motivação para estudar química*. Diss. 2013.

Zitkoski, A. L. (2008) diálogo/dialogicidade (verbetes). In D. Streck, E. Redin, & J. J. Zitkoski (org). *Dicionário Paulo Freire* (p. 139 – 141). Belo Horizonte: Editora Autêntica.

ANEXOS

Anexo 1 Roteiros da aula experimental

Texto 1 - Situação problema

Nas indústrias farmacêuticas, todos os processos de produção dos medicamentos são atentamente controlados, desde a análise dos insumos, os materiais de embalagem, os intermediários da produção, a análise do produto final, o armazenamento e as condições de transporte.

Em uma das etapas de finalização de produção de um determinado medicamento líquido, um dos funcionários observou a presença de uma tonalidade vermelha, que destoava da aparência habitual, amarelo claro, em um frasco. Imediatamente o funcionário retirou esse frasco juntamente com outro para realizar testes.

Outro funcionário, na etapa de embalagem do medicamento, percebeu que algumas caixas de medicamentos não estavam tão limpas, então as retirou da prateleira. Além disso, percebeu que a cartolina branca sobre a bancada também não estava limpa. Posteriormente, o frasco com tonalidade vermelha, o frasco com tonalidade amarelo claro, as caixas de medicamentos e a cartolina foram encaminhadas à **equipe de análise técnica, formada por 4 peritos em química**.

Diante do ocorrido, a equipe de análise levantou as seguintes hipóteses:

→ As caixas de medicamentos podiam ter impressões digitais, assim como a cartolina. Então, checaram que naquele setor havia 5 funcionários que, em rodízio, trabalhavam permanentemente, e que só era permitido trabalhar 2 pessoas por vez na sala. Então resolveram fazer uma análise papiloscópica e comparar com o cadastro de digitais que a empresa detinha desses 5 funcionários do setor.

→ A partir dos frascos com tonalidade vermelha, surgiu a hipótese de que tal líquido poderia conter sangue, então resolveram verificar com ensaio específico para testar a teoria.

Questionamentos:

- 1) Quais pessoas estavam na sala e deixaram a impressão digital na cartolina branca sobre a bancada?
- 2) Quais pessoas manusearam as caixas de medicamentos e estavam na etapa de embalagem de medicamento sem o cuidado necessário?
- 3) O frasco com medicamentos com tonalidade vermelha realmente era sangue? A partir da formação de grupos de 4 alunos iniciou-se o processo investigativo com o auxílio dos roteiros **A e B**.

ROTEIRO A

ANOTE, OBSERVE E SIGA TODAS AS INSTRUÇÕES DE CADA ETAPA DAS EXPERIÊNCIAS.

Verificação das impressões digitais (papiloscopia) dos pedaços de cartolina e das caixas de medicamentos.

Coloquem as luvas.

✓ **Verificação das impressões digitais da cartolina**

Siga as instruções das etapas das experiências:

1º) Adicione, com a ajuda de uma pinça, os pedaços de cartolina no recipiente contendo iodo e areia e deixe por aproximadamente 1 a 2 minutos, até revelar as digitais.



Câmara de revelação papiloscópica com iodo e papéis A e B, com as impressões digitais.

2º) Retire os pedaços de cartolina com a ajuda de uma pinça e os compare com as 5 digitais com seus respectivos nomes.

Verifique se é possível apontar quais foram as pessoas a partir do catálogo de digitais.



Catálogo de digitais.

✓ **Verificação das impressões digitais das caixas de medicamentos.**

1º) Borrife 2 vezes a solução de ninidrina numa distância de aproximadamente 10 cm do ponto central da caixa de medicamento.



Caixa com impressão digital e borrifador com ninidrina

Observação: O aluno ou aluna que efetuará esse procedimento deve utilizar, além das luvas, os óculos de proteção. Esse procedimento deve ser feito em local arejado, com boa circulação de ar.

2º) Seque o papel com secador de cabelo durante aproximadamente 5 minutos, até revelar a digital.



Caixa dom impressão digital e secador de cabelos.

3º) Compare os resultados com catálogo de digitais.

ROTEIRO B

Verificação da presença de “sangue” no frasco.

Preparo das soluções:

Siga as seguintes instruções das etapas das experiências:

1º) Pese 20 g de **NaOH** em um recipiente, adicione a massa em uma garrafa de 500 mL, complete com água e agite.



20g de NaOH + H₂O até 500 mL

2º) Adicione 5 mL de **H₂O₂** (10 volumes, 3% v/v) em um bécher e complete com água até 50 mL.



5 mL de H₂O₂ + H₂O até 50 mL

3º) À garrafa etiquetada com o nome **luminol**, adicione 5 mL da solução de **NaOH** preparada na 1º etapa da experiência, e, em seguida, complete com água.



0,4 g de luminol, 5 ml solução de NaOH e complete com H₂O até 500 mL

4º) Adicione aproximadamente 50 mL de solução de água oxigenada preparada na **2º etapa** a 50 mL de solução preparada na **3º etapa** em um recipiente (béquer ou copo de vidro).



50 mL da solução do 2º item + 50 mL da solução do 3º item.

5º) Divida a solução preparada na **4º etapa** em dois recipientes de vidro numerados com os números 1 e 2 (béqueres ou copos).

6º) Coloque o recipiente preparado na **4º etapa** dentro da caixa de revelação. Adicione o guardanapo 1 com a cor vermelha do batom, com auxílio de um palito, no recipiente 1. Observe por 3 minutos. Em seguida, retire o guardanapo.



Câmara de revelação da reação de quimioluminescência, béquer e guardanapo 1.

7º) Adicione o guardanapo 2 com a cor vermelha de batom, com auxílio de um palito, no recipiente 2 e observe por 3 minutos.



Câmara de revelação da reação de quimioluminescência, béquer e guardanapo 2.

Observação: O guardanapo 2 foi impregnado com a substância contida no frasco com tonalidade vermelha.

Anexo 2

Questões para serem discutidas em sala de aula

Discutam as questões em grupo:

1) Quais funcionários da empresa que deixaram suas impressões sobre a cartolina branca?

2) Qual funcionário da empresa que deixou suas impressões digitais no setor de embalagem?

3) Em qual experimento foi mais fácil observar as digitais: na revelação da câmara de iodo ou borrifando a ninidrina?

4) O que contém nos dedos da mão que faz com que revele, ou seja, reaja com o iodo ou com a ninidrina?

5) Qual a concentração em molaridade (mol/L) da solução de NaOH na **etapa 1** do **Roteiro B**?

Dados : Na=23u; O=16u; H=1u e $m = m_1 / M_1 \cdot V(L)$

6) Qual o guardanapo que continha o sangue?

7) Qual a cor observada na revelação de sangue no experimento com luminol, **Roteiro B**?

8) Qual o nome do fenômeno luminoso observado em presença de luminol?

9) Qual o estado de oxidação do metal (ferro) que tem no sangue artificial (ferricianeto de potássio) que faz com que o íon funcione como catalisador da reação com o luminol? Como o grupo chegou a essa conclusão?

Anexo 3

Questionário da Avaliação do Experimento

Obs.: Este questionário não vale pontos.

1, Já teve aula experimental de alguma disciplina alguma vez?

() Nunca Tive () Não me lembro () Sim

2. Se **sim**, responda:

Já teve aula experimental de química?

() Não () Sim

3. Atribua de 1 a 3 para as seguintes afirmações abaixo, sabendo que:

1. Discordo 2. Não tenho opinião formada 3. Concordo

- a) () A aula experimental foi dinâmica.
- b) () A aula experimental foi interessante.
- c) () Houve motivação para fazer os procedimentos.
- d) () Os conhecimentos aplicados de ciência foram importantes para desvendar os casos.
- e) () A equipe de alunos estava interessada em resolver os casos.
- f) () Tinha que ter mais tempo para a aula experimental.
- g) () Foi possível perceber o quanto a ciência foi importante para desvendar os casos.
- h) () A aula em sala de aula acaba sendo melhor.
- i) () Foi importante a colaboração entre os alunos.
- j) () Em certos momentos a aula ficou monótona.
- k) () Pude observar a importância da química para desvendar os casos
- l) () Perde muito tempo na aula experimental.
- m) () Gostaria que tivesse mais aulas expe

CLIP, Chemical Laboratory Information Profile

Ninhydrin

"Only when you know the hazards, can you take the necessary precautionary measures."



CAS No.: 485-47-2

Synonym: 2,2-Dihydroxy-1,3-indanedione

Physical Properties

Exposure Limits

A pale yellow crystalline solid	OSHA PEL: NE
Vapor pressure at 20 °C: negligible	ACGIH TLV: NE
Melting point: decomposes when heated above 241 °C	

Hazardous Characteristics

Overall toxicity 2	Flammability 1	Destructive to skin/eye 2	Absorbed through skin? No	Sensitizer? Yes	Self-reactive? No	Incompatible with: No known significant incompatibilities
-----------------------	-------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------	----------------------	--

0: None (or very low); 1: Slight; 2: Moderate; 3: High; 4: Severe.

Cited as known to be or reasonably anticipated to be carcinogenic in NTP-11? No

Identified as a reproductive toxin in Frazier and Hage, *Reproductive Hazards of the Workplace*? No

Typical symptoms of acute exposures:

If ninhydrin solution is sprayed into the eyes, irritation. If sprayed on the skin, possible sensitization. If spray droplets are inhaled, coughing. Solid particles of undissolved ninhydrin produce the same effects.

Principal target organ(s) or system(s):

Skin, eyes, respiratory tract.

Storage Requirements

Store with other chemicals in a cool, dry, well-ventilated general storage location.

Additional Remarks

Ninhydrin reddens when heated to 125 °C and swells if heated further to 139 °C.

Notes

ReadMe

This Chemical Laboratory Information Profile is *not* a Material Safety Data Sheet. It is a brief summary for teachers and their students that describes some of the hazards of this chemical as it is typically used in laboratories. On the basis of your knowledge of these hazards and before using or handling this chemical, *you need to select the precautions and first-aid procedures to be followed*. For that information as well as for other useful information, refer to Material Safety Data Sheets, container labels, and references in the scientific literature that pertain to this chemical.

Reproductive Toxins

Some substances that in fact are reproductive toxins are not yet recognized as such. For the best readily available and up-to-date information, refer to "DART/ETIC". See the TOXNET home page at <http://toxnet.nlm.nih.gov/>. *Note that some of the data in DART/ETIC have not been peer-reviewed*. See also Frazier, Linda M.; Hage, Marvin L. *Reproductive Hazards of the Workplace*; Wiley: New York, 1998; and Shepard, T. H. *Catalog of Teratogenic Agents*, 9th ed.; Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD, 1998.

Abbreviations

ACGIH TLV—American Conference of Governmental Industrial Hygienists—Threshold Limit Value. C—Ceiling. CAS—Chemical Abstracts Service. mg/m³—milligrams per cubic meter. NA—Not applicable. NE—Not established. NI—No information. NTP-11—National Toxicology Program, Eleventh Annual Report on Carcinogens. OSHA PEL—Occupational Safety and Health Administration—Permissible Exposure Limit. ppm—parts per million. STEL/C—Short-term exposure limit and ceiling.

Prepared by: Jay A. Young

Date of preparation: August 23, 2006