

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

Material Didático Complementar para o Novo Ensino Médio: Uma
proposta de intervenção pedagógica

Octávio Fellipe de Oliveira Cappelletti

Produto educacional



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2026**



Esta obra é licenciada sob uma licença **Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhável (CC BY-NC-SA 4.0)**. Esta licença permite a cópia e redistribuição do material, em qualquer suporte ou formato, bem como sua tradução, adaptação e outras modificações, sem fins comerciais, desde que o crédito seja atribuído ao autor, que as alterações, se houver, sejam informadas e que as novas criações sejam licenciadas sob esta mesma licença. Os termos da licença são detalhados em <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.pt>.

CAPPELLETTI, Octávio Fellipe de Oliveira;. Material Didático Complementar para o Novo Ensino Médio: uma proposta de intervenção pedagógica. 2026. 60 p. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara, 2026.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas

Cappelletti, Octávio Fellipe de Oliveira

Material Didático Complementar para o Novo Ensino Médio: [recurso eletrônico] : uma proposta de intervenção pedagógica / Octávio Fellipe de Oliveira Cappelletti. — Araraquara, 2026.

42 p. ; pdf ; 3,16 MB : il. color.

Recurso educacional derivado de dissertação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara. Orientado por Prescila Glaucia Christianini Buzolin. Coorientado por Lorena de Oliveira Pires.

1. Interdisciplinaridade 2. Material didático 3. Química (Ensino médio) 4. Professores de ensino médio

Octávio Fellipe de Oliveira Cappelletti

Material Didático Complementar para o Novo Ensino Médio: Uma proposta de intervenção pedagógica

Dissertação apresentada ao Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Prescila Glaucia Christianini Buzolin
Coorientadora: Profa. Dra. Lorena de Oliveira Pires

Araraquara
2026

Sumário

1	Apresentação.....	5
2	Objetivos.....	5
3	Referencial teórico.....	5
3.1	Ensino por investigação.....	5
3.2	Método Científico.....	7
4	PLANEJAMENTO.....	7
5	Sequência didática.....	9
5.1	Aula 1: A Investigação do Invisível (Problematização e Hipóteses).....	19
5.1.1	Objetivos de aprendizagem.....	19
5.1.2	Materiais.....	19
5.1.3	Desenvolvimento.....	19
	Etapa I: O Enigma do texto (30 minutos).....	19
	Etapa II: A Montagem do "rio na caixa" (30 minutos).....	22
	Etapa III: Formulação de hipóteses (30 minutos).....	22
	Etapa IV: Fechamento e guardião (10 minutos).....	23
5.1.4	Pontos de contextualização.....	23
5.1.5	Avaliação.....	24
5.2	Aula 2: O Confronto com o invisível.....	24
5.2.1	Objetivos de aprendizagem.....	24
5.2.2	Materiais.....	25
5.2.3	Desenvolvimento.....	25
	Etapa I: O Resgate da memória (20 minutos).....	25
	Etapa II: A revelação e observação sensorial (30 minutos).....	26
	Etapa III: Roda de conversa e mediação (30 minutos).....	27
5.2.4	Pontos de Contextualização.....	27
5.2.5	Avaliação.....	28
5.3	Aula 3: O mistério químico das águas de Terra Firme.....	29
5.3.1	Objetivos de aprendizagem.....	29
5.3.2	Materiais.....	29
5.3.3	Desenvolvimento.....	29
	Etapa I: Acolhida e disparador (15 min).....	29
	Etapa III: Investigação em grupos (35 min).....	33
	Etapa IV: Socialização e tomada de decisão (20 min).....	33
5.3.4	Pontos de contextualização.....	34
5.3.5	Avaliação.....	35
5.4	Aula 4: Engenharia da purificação e adsorção química.....	36

5.4.1	Objetivos de Aprendizagem	36
5.4.2	Materiais	36
5.4.3	Desenvolvimento.....	36
	Etapa I: Briefing científico e hipóteses (15 min)	37
	Etapa II: Montagem e execução (40 min).....	37
	Etapa III: "Simpósio de Resultados" (30 min)	38
	Etapa IV: Fechamento e debate crítico (15 min)	38
5.4.4	Avaliação	39
6	Considerações finais.....	40
	Referências	41

1 APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é destinado a professores de química do ensino médio, sendo resultado da pesquisa de dissertação do mestrado profissional em química em rede nacional (PROFQUI), realizado na Unesp de Araraquara, com o título “Material didático complementar para o novo ensino médio: uma proposta de intervenção pedagógica”.

Nossa proposta é a de uma sequência didática com o tema método científico. Fundamentada no ensino por investigação, a sequência didática é realizada em 4 aulas, cujo objetivo geral é substituir as aulas do 1º bimestre sugeridas pelo material didático digital fornecidos pelo Estado de São Paulo para a disciplina de itinerário formativo da 3ª série do ensino médio, “química aplicada”.

2 OBJETIVOS

- Destacar elementos fundamentais para a implementação do ensino por investigação;
- Desenvolver aulas com abordagem investigativa e proporcionar experiências práticas que evidenciem a importância do método científico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ensino por investigação

O ensino por investigação emergiu no século XX a partir das ideias do filósofo e pedagogo John Dewey, que propôs um modelo de ensino-aprendizagem centrado no aluno como sujeito ativo do processo. Em oposição aos métodos focados na memorização, predominantes nos séculos anteriores, Dewey defendia que a aprendizagem deveria partir de problematizações e dos conhecimentos prévios dos estudantes. No Brasil, uma abordagem similar ganhou força a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996. (Stefanidou, 2020)

O objetivo central do ensino por investigação não é a formação de cientistas, mas sim de cidadãos com pensamento crítico, capazes de relacionar

conhecimentos de forma aprofundada. Para isso, a abordagem se inspira em etapas da pesquisa científica, como o planejamento e a proposição de soluções para problemas, a análise de dados e a construção de argumentos com base em evidências. Tal metodologia busca diversificar a prática pedagógica, tornando a aprendizagem mais atraente, eficiente e útil para além do ambiente escolar. (Campos; Nigro, 1999)

O que diferencia o ensino por investigação de outras abordagens é a criação de um ambiente que mobiliza o aluno por meio de questionamentos, hipóteses e demandas que o conduzem à construção de novos saberes e atitudes. As atividades investigativas vão além da observação ou manipulação de dados, pois incentivam o estudante a refletir, discutir com os colegas, explicar seus raciocínios e relatar seu trabalho. (Sá, 2007)

As principais características dessa abordagem incluem a valorização do conhecimento prévio do aluno, que serve como base para a construção de novos significados, e o papel ativo do estudante, que elabora questões, analisa evidências e comunica suas conclusões. Outros pilares são o seu caráter problematizador, que instiga o interesse ao propor problemas autênticos e contextualizados no cotidiano, e o estímulo à reflexão e à discussão, que surgem da diversidade de pontos de vista e possíveis resoluções. (Campos; Nigro, 1999)

A avaliação no ensino por investigação ocorre de forma processual e contínua, integrada à própria atividade de ensino. O professor observa o desenvolvimento do aluno no dia a dia, analisando se os objetivos foram alcançados e se o estudante consegue construir argumentos embasados em evidências. Essas observações podem ser complementadas por instrumentos mais pontuais, como relatórios ou testes, para formalizar a avaliação da aprendizagem. (Pozo; Crespo, 2009)

Para construir uma boa atividade investigativa, é fundamental que ela apresente algumas etapas essenciais, como o engajamento dos alunos a partir de uma situação-problema, a formulação de hipóteses, a busca por informações e a comunicação dos resultados. A elaboração da atividade pode seguir um roteiro que inclui a definição do conteúdo e dos objetivos, a problematização, a elaboração de hipóteses, a escolha dos métodos de investigação, a análise dos dados e, por fim, a comunicação das conclusões. (Campos; Nigro, 1999)

3.2 Método Científico

A aplicação do método científico no ensino de química não deve ser compreendida como um roteiro linear e inflexível. Pelo contrário, a ordem de seus elementos constitutivos, como a formulação de um problema e o levantamento de hipóteses, pode ser alterada, permitindo ensaiar novas lógicas e construir novos pressupostos como possibilidades explicativas para os fenômenos estudados. Essa visão demonstra que não existe uma única forma de pensar ou de estruturar a investigação científica.

Esta abordagem flexível dos métodos científicos valoriza a negação do pensamento único e promove a diversificação como uma forma de enriquecimento para a construção do conhecimento. Ao se afastar de normas supostamente impessoais e procedimentos engessados, abre-se espaço para múltiplas interpretações e leituras da realidade, o que é fundamental para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes em formação. (Souza, 2024)

Nesse contexto, a relação didática entre aluno e professor é ampliada, superando a ideia de que um simplesmente transmite o saber ao outro, que passivamente o recebe. A construção do conhecimento passa a ser um processo dialógico que reconhece, potencializa e desenvolve os sistemas de conhecimento tanto do aluno quanto do professor, promovendo uma construção de saberes mais rica e colaborativa. (Souza, 2024)

4 PLANEJAMENTO

O planejamento configura-se como uma ferramenta primordial para a otimização do processo de ensino e aprendizagem, permitindo ao docente a organização de sua prática para a obtenção de maior êxito. Tal processo pode ocorrer de múltiplas formas, desde a elaboração de um documento escrito até a estruturação mental, manifestando-se de maneira explícita ou implícita no cotidiano pedagógico.

A ação de planejar pressupõe a criação de um "plano de ação", um esboço inicial que delinea a intenção do trabalho a ser realizado. A partir dessa concepção, são traçadas as estratégias e os caminhos para a sua efetivação em

sala de aula, especialmente no contexto do ensino de química, que demanda sequências didáticas bem estruturadas para a construção de conceitos complexos.

Para o sucesso do planejamento, é imperativo que os objetivos almejados estejam claramente definidos. A clareza de metas facilita a fluidez do processo, sendo um dos pilares para a prática docente. Libâneo (1994), um dos principais teóricos da área, dedicou-se ao estudo do planejamento escolar em seus diversos âmbitos, ressaltando sua importância para a qualificação do ensino. (Libâneo, 1994)

Segundo o autor, as funções precípuas do planejamento são: facilitar a prática docente, evitar a improvisação, assegurar a coerência do processo e orientar as ações pedagógicas. Por atuar como um guia, o planejamento requer uma ordem sequencial lógica para que os objetivos sejam alcançados. Assim, ele "é um meio para se programar as ações docentes, mas também um momento de pesquisa e reflexão intimamente ligado à avaliação". (Libâneo, 1994)

A efetividade do planejamento, contudo, não se restringe apenas à sua aplicação em sala de aula; sua complexidade é mais ampla e está centrada em evidenciar a importância da aprendizagem do aluno, sob a mediação do professor. O ato de planejar deve conter a reflexão sobre as ações futuras, mantendo-se, ao mesmo tempo, flexível para se adequar aos imprevistos e às necessidades do contexto educacional. (Libâneo, 1994)

A estrutura do planejamento, conforme Libâneo, deve seguir uma sequência pautada pela objetividade, coerência e flexibilidade. A objetividade refere-se à indispensável conexão entre o plano e a realidade da turma e da escola. O diagnóstico das dificuldades dos estudantes deve ser o ponto de partida para o trabalho docente, garantindo que o ensino seja significativo. (Libâneo, 1994)

A coerência, por sua vez, é a articulação lógica que deve existir entre os componentes do plano, como os objetivos, conteúdos, metodologias e a avaliação. Os objetivos específicos devem estar organizados de modo a contemplar o objetivo geral, em uma proposta compatível com a realidade e exequível no tempo pedagógico. (Libâneo, 1994)

Por fim, a flexibilidade consiste no entendimento de que o plano é um guia orientador, e não um roteiro inflexível e determinante de todo o processo. O

professor deve elaborá-lo para seguir uma sequência lógica, mas estar preparado para perceber desvios e realizar as alterações necessárias, tornando o planejamento um instrumento dinâmico e adaptável. (Libâneo, 1994)

5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Passaremos para uma sugestão de sequência didática onde o tema proposto é relacionar o ensino por investigação para contextualizar a estrutura fundamental do método científico.

Aula	Título da Atividade	Objetivos de Aprendizagem	Materiais Necessários	Conceitos Científicos Abordados	Metodologia e Etapas
1	A Investigação do Invisível (Problematização e Hipóteses)	Identificar o conceito de poluição hídrica; - Diferenciar poluição de contaminação; - Formular hipóteses testáveis; - Desenvolver percepção crítica sobre o impacto local do lixo.	Texto: Dossiê confidencia: poluição ambiental; - Caixa de cristalização ou aquário; - Papel cartão preto e fita adesiva; - Kit de resíduos (cascas, plásticos, óleo, detergente); - Diário de bordo; - Água.	Poluição hídrica, contaminação, decomposição biológica, resíduos orgânicos e inorgânicos.	Etapa I: Leitura do texto com lacunas e contextualização sobre rios locais. Etapa II: Montagem do experimento "Rio na Caixa" com adição de lixo em água limpa e vedação lateral para simular leito do rio. Etapa III: Registro individual de hipóteses detalhadas sobre mudanças de cheiro e transparência. Etapa IV: Nomeação de fiscais para guarda da caixa.
2	O Confronto com o Invisível (Evidências e Conclusões)	Compreender a decomposição biológica e persistência de inorgânicos; - Comparar dados observados com hipóteses; - Utilizar linguagem científica (turvação, sedimentação); - Reconhecer responsabilidade individual.	Experimento montado na Aula 1; - Protocolo de verificação (ficha de observação); - Fotografias do Dia 1; - Lanterna.	Biodegradabilidade, atividade bacteriana, decomposição, contaminação de lençóis freáticos, efeito Tyndall, eutrofização.	Etapa I: Releitura das hipóteses do diário de bordo e votação expectativa. Etapa II: Abertura da caixa, teste de Tyndall com lanterna e observação sensorial (odor, biofilme, fungos). Etapa III: Roda de conversa mediada por perguntas sócráticas sobre mudanças nos materiais.

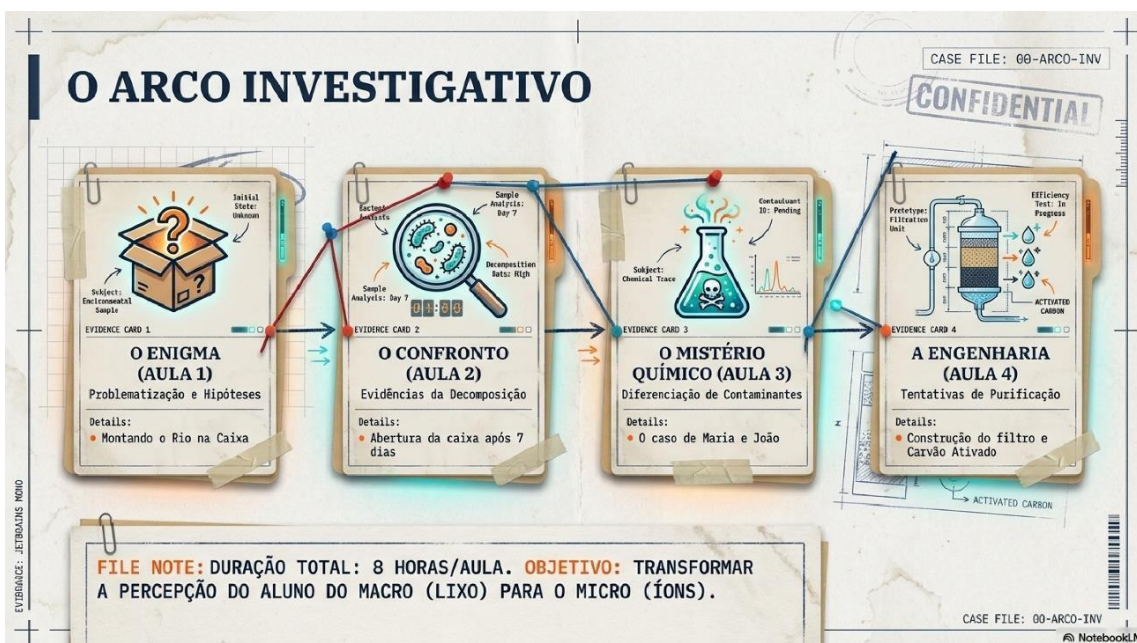
3	O Mistério Químico das Águas de Terra Firme	Diferenciar misturas homogêneas de heterogêneas; - Compreender que métodos físicos (fervura) não eliminam químicos; - Analisar impacto do pH e solubilidade na toxicidade.	Kit de demonstração (béqueres, óleo, corante, fita de pH); - Estudo de caso; - Cartolinas e post-its; - Dispositivos para pesquisa (Metais Pesados em Belém).	Polaridade, densidade, desnaturação de proteínas, íons metálicos (chumbo, mercúrio), pH, solubilidade, bioacumulação, solução verdadeira.	Etapa 1: Demonstração de mistura óleo/água e provocação sobre fervura em contexto local (Terra Firme). Etapa 2: Leitura dramática do Anexo A (caso de Maria e João). Etapa 3: Grupos de peritos (Químicos, Sanitaristas e Comunicadores) analisam causas e elaboram alertas. Etapa 4: Socialização das soluções e debate sobre fiscalização industrial.
4	Engenharia da Purificação e Adsorção Química	Diferenciar filtração de adsorção; - Analisar porosidade e granulometria de materiais; - Desenvolver pensamento crítico sobre limitações de filtros caseiros.	Garrafas PET, algodão/gaze; - Areia (fina/grossa), brita, seixos; - Carvão Ativado; - Água problema (terra, óleo, vinagre); - Papel e cronômetros.	Filtração (retenção mecânica), adsorção (retenção química), porosidade, granulometria, misturas homogêneas e heterogêneas.	Etapa 1: Briefing para criar "Hipótese de Ordem" das camadas. Etapa 2: Montagem dos filtros variando o uso de carvão; medição de vazão e tempo de retenção. Etapa 3: "Simpósio de Resultados" com intercâmbio entre grupos e explicação sobre o carvão como imã químico. Etapa 4: Debate sobre potabilidade (necessidade de cloração/fervura pós-filtro).

Figura 1 – Recurso visual 1: sequência didática



Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 2 - Recurso visual 2: sequência didática



Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 3 - Recurso visual 3: sequência didática

**AS REGRAS DO JOGO:
POLUIÇÃO VS. CONTAMINAÇÃO**

POLUIÇÃO
Alteração física ou química (lixo, óleo, calor, sedimentos).
Inter: NEM TODA ÁGUA POLUÍDA ESTÁ CONTAMINADA.

CONTAMINAÇÃO
Alteração biológica por patógenos (vírus, bactérias, vermes).
Inter: RESULTADO DA POLUIÇÃO. RISCO IMEDIATO À SAÚDE (DOENÇAS).

O PULO DO GATO: Use o exemplo da água cristalina com vírus versus a água barrenta que é apenas "suja".

CASE FILE: 00-ARCO-INV
CONFIDENTIAL
ALERT ORANGE
EYEBROW: JERBAIAS VINDO
CASE FILE: 00-ARCO-INV
NotebookLM

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 4 - Recurso visual 4: sequência didática

AULA 1: A CENA DO CRIME
Montando o "Rio na Caixa" e gerando hipóteses.

MICROCOSMO DE 20L
KIT DE RESÍDUOS
PAPEL
CARTÃO PRETO
ÁGUA DA TORNEIRA

CONFIDENTIAL

Relatório Inicial: A [REDACTED] do microcosmo revelou [REDACTED] em apenas horas. A presença de [REDACTED] é alarmante e sugere [REDACTED] iminente. As hipóteses são de que a [REDACTED] irá se [REDACTED] drasticamente.

ATIVIDADE: O DOCUMENTO TARJADO.

**O QUE ACONTECERÁ EM 7 DIAS NO ESCURO?
A ÁGUA CONTINUARÁ SENDO ÁGUA?**

CASE FILE: 00-ARCO-INV
NotebookLM

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 5 - Recurso visual 5: sequência didática

O REGISTRO DAS PISTAS (HIPÓTESES)

O objetivo não é adivinhar, é deduzir cientificamente.

CHECKLIST DE HIPÓTESES

- CHEIRO:** Justificar com base em decomposição biológica.
- TRANSPARÊNCIA:** Prever turbidez e mudança de cor.
- MATERIAL:** Diferenciar orgânico (casca) vs. inorgânico (plástico).

DICA DO PROFESSOR:
Evite respostas genéricas como "vai ficar ruim".
Exija detalhamento: "vai cheirar mal porque bactérias estão agindo".

EVIDÊNCIA: REGISTRO CIENTÍFICO

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 6 - Recurso visual 6: sequência didática

AULA 2: O CONFRONTO COM O INVISÍVEL

DIA 1

KIT DE RESÍDUOS

ÁGUA DA TORNEIRA

DIA 7

BIOFILME (NATA)

EFEITO TYNDALL

AS EVIDÊNCIAS

VISUAL	OLFATIVO	FÍSICO
Biofilme (nata) e Turbidez.	Gases de decomposição bacteriana.	Orgânicos degradados vs. Plásticos intactos.

O "caldo escuro" é análogo ao chorume de lixões.

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 7 - Recurso visual 7: sequência didática

AULA 3: O MISTÉRIO QUÍMICO
Água clara não é água pura.



**SE FERVER,
O ÓLEO **SOME**?
O METAL **MORRE**?**

FERVURA (MÉTODO FÍSICO): Mata bactérias (biológico).
Concentra metais e agrotóxicos (químico).

EVIDÊNCIA: REGISTRO CIENTÍFICO

CASE FILE: 00-ARCO-INV

NotebookLM

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 8 - Recurso visual 8: sequência didática

**ESTUDO DE CASO:
O INCIDENTE EM TERRA FIRME**
Diagnóstico: Intoxicação Química.



MARIA, 9 ANOS
SINTOMAS: Coceira intensa, queimação, manchas vermelhas. **(Contato Externo).**

JOÃOZINHO, 4 ANOS
SINTOMAS: Dores abdominais, fraqueza, letargia. **(Ingestão Sistêmica).**

**NÃO É UMA INFECÇÃO BACTERIANA.
O TRATAMENTO EXIGE CESSAR A EXPOSIÇÃO.**

EVIDÊNCIA: REGISTRO CIENTÍFICO

CASE FILE: 00-ARCO-INV

NotebookLM

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 9 - Recurso visual 9: sequência didática

INVESTIGAÇÃO FORENSE: DIFERENCIANDO AMEAÇAS

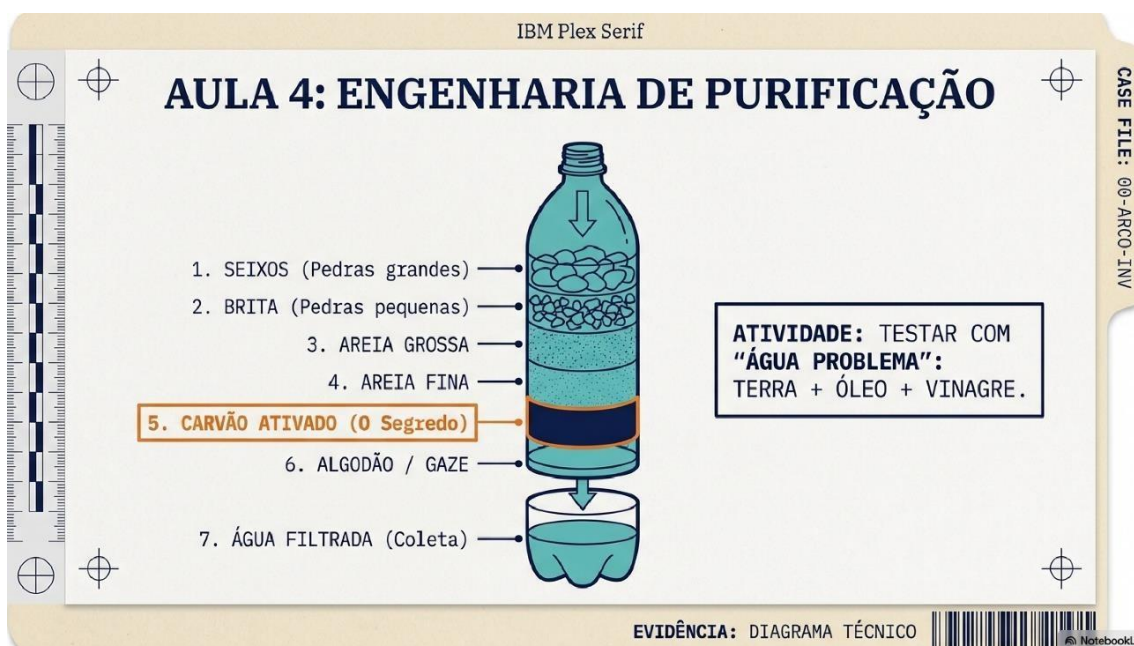
TIPO DE RISCO	AGENTE CAUSADOR	FONTES DE CONTAMINAÇÃO	SOLUÇÃO EFICAZ (MÉTODO)
 RISCO BIOLÓGICO	Bactérias, Vírus	Esgoto doméstico	Fervura, Cloro 
 RISCO QUÍMICO	Metais pesados, Agrotóxicos, Óleo	Indústria, Mineração	Filtragem complexa, Osmose Reversa ⚠ Fervura FALHA

Destaque a "invisibilidade". Uma solução verdadeira pode parecer água limpa.

EVIDÊNCIA: MATRIZ COMPARATIVA FORENSE

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 10 - Recurso visual 10: sequência didática



Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 11 - Recurso visual 11: sequência didática

"Modern Forensic Dossier" "Authority Navy" IBM Plex Serif

O SEGREDO DO CARVÃO: ADSORÇÃO VS. FILTRAÇÃO

FILTRAÇÃO (FÍSICA)



large particles — small particles

stones — Retém sólidos por tamanho (peneira mecânica).

gravel

sand

Retém sólidos por tamanho (peneira mecânica).
Remove a turbidez.

ADSORÇÃO (QUÍMICA)



■ Odor

● Moléculas Orgânicas

O Carvão age como um "ímã químico".

O Carvão age como um "ímã químico".
Retém odores e pigmentos nos poros.

CASE FILE: 00-ARCO-INV EVIDÊNCIA: DIAGRAMA COMPARATIVO

manila folder

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 12 - Recurso visual 12: sequência didática

"Modern Forensic Dossier" "Authority Navy" IBM Plex Serif IBM Plex Serif

VEREDITO FINAL: A ÁGUA ESTÁ POTÁVEL?



REALIDADE:

1. O filtro removeu sólidos e turbidez.
2. O carvão reduziu o cheiro químico.

O RISCO: Vírus e bactérias passam pela areia. Metais dissolvidos podem persistir.

CONCLUSÃO: A FILTRAÇÃO DEVE SER SEGUIDA DE DESINFECÇÃO (CLORAÇÃO/FERVURA).

CASE FILE: 00-ARCO-INV EVIDÊNCIA: VEREDITO FINAL

manila folder

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 13 - Recurso visual 13: sequência didática

"Modern Forensic Dossier" "Authority Navy" IBM Plex Serif

CONTEXTUALIZAÇÃO: TRAZENDO PARA A REALIDADE LOCAL

 <p>LOCALIZAÇÃO</p> <h3>GEOGRAFIA</h3> <p>Rios locais: Guamá, Tucunduba (Belém).</p>	 <p>EPIDEMIOLOGIA JetBrains Mono</p> <h3>SAÚDE PÚBLICA</h3> <p>Leptospirose (enchentes) e Dengue.</p>
 <p>MEMÓRIA HÍDRICA JetBrains Mono</p> <h3>HISTÓRIA</h3> <p>Memória: "Como era este rio há 50 anos?"</p>	 <p>IMPACTO URBANO JetBrains Mono</p> <h3>CIDADANIA</h3> <p>Impacto do óleo na pia e lixo na rua.</p>

⚠ O RISCO: A contaminação afeta a saúde e o meio ambiente de todos.



CASE FILE: 00-ARCO-INV EVIDÊNCIA: CONTEXTO LOCAL

manilla folder

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 14 - Recurso visual 14: sequência didática

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM ALCANÇADOS

 <h3>COGNITIVO</h3> <ul style="list-style-type: none">• Diferenciar misturas.• Entender solubilidade e pH.	 <h3>PROCEDIMENTAL</h3> <ul style="list-style-type: none">• Formulação de hipóteses.• Construção de protótipos.	 <h3>ATITUDINAL</h3> <ul style="list-style-type: none">• Responsabilidade pelo saneamento.• Consciência do impacto ambiental.
--	---	---

CASE FILE: 00-ARCO-INV EVIDÊNCIA: OBJETIVOS ALCANÇADOS

manilla folder

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

Figura 15 - Recurso visual 15: sequência didática

O INVESTIGADOR COMO GUARDIÃO

“A CIÊNCIA REVELA O INVISÍVEL PARA QUE POSSAMOS PROTEGER O VISÍVEL.”

O aluno deixa de ver o rio apenas como paisagem e passa a vê-lo como um sistema vivo e reativo.



EVIDÊNCIA: FOTO - CURIOSIDADE CIENTÍFICA

CASE FILE: 00-ARCO-INV EVIDÊNCIA: O INVESTIGADOR COMO GUARDIÃO



© NotebookLM

manila folder

manila folder

Fonte: Gerada por IA (NotebookLM)

5.1 Aula 1: A Investigação do Invisível (Problematização e Hipóteses)

Tempo: 2 horas/aula (100 minutos)

5.1.1 Objetivos de aprendizagem

- Identificar o conceito de poluição hídrica e diferenciar "poluição" de "contaminação";
- Formular hipóteses testáveis e registrar observações sistemáticas;
- Desenvolver percepção crítica sobre o impacto do descarte de resíduos no entorno local.

5.1.2 Materiais

- Texto "Dossiê confidencia: poluição ambiental": Versão modificada sem título e com termos-chave (como esgoto, mercúrio, lixo, petróleo) substituídos por lacunas ou tarjas pretas;
- Caixa organizadora: Uma caixa plástica grande e transparente;
- Papel cartão preto e fita adesiva: Para vedar a lateral da caixa (impedindo a entrada de luz e simulando o leito do rio/subsolo);
- Kit de resíduos (coletados na hora): Cascas de frutas, guardanapos sujos, embalagens de plástico, restos de bolacha, e um pouco de detergente ou óleo de cozinha;
- Diário de bordo: Caderno ou folha padronizada para registro das hipóteses;
- Água da torneira.

5.1.3 Desenvolvimento

Etapa I: O Enigma do texto (30 minutos)

O procedimento inicia-se com uma mobilização lúdica conduzida pelo docente. O professor estabelece uma atmosfera de mistério para despertar o

engajamento dos alunos. O material didático é apresentado sob a premissa de um "documento confidencial" que relata a ocorrência de um crime ambiental.

A etapa subsequente consiste na leitura panorâmica do texto. Neste momento, cada aluno realiza uma leitura individual e silenciosa com o intuito de apreender o sentido global da narrativa. Essa fase busca garantir que a compreensão macroestrutural preceda as análises técnicas mais detalhadas.

Após o contato inicial, os alunos são organizados em grupos de quatro integrantes para debaterem o preenchimento de lacunas estratégicas no texto. O foco desta atividade reside na negociação de sentidos e na análise do léxico adequado ao contexto ambiental apresentado.

Em seguida, o docente promove a contextualização local do fenômeno descrito. Por meio de questionamentos mediadores, estabelece-se uma ponte entre a ficção e a realidade geográfica da região. O professor incita os alunos a identificarem "pistas" sensoriais, como odores e colorações, que remetam às condições observadas no rio local.

Por fim, ocorre a socialização das produções grupais e a sistematização das ideias. Cada grupo compartilha as palavras-chave selecionadas para o preenchimento das lacunas. O docente atua como mediador, registrando as divergências no quadro sem realizar correções imediatas, priorizando o levantamento das hipóteses levantadas pela turma.

Figura 16 - Dossiê confidencial: poluição ambiental

DOSSIÊ CONFIDENCIAL – POLUIÇÃO AMBIENTAL

Data de Emissão: [REDACTED]

Introdução: A poluição ambiental é um problema global que afeta todos os aspectos da vida no planeta, desde a saúde humana até a biodiversidade. É resultado da introdução de substâncias ou energia no ambiente em quantidades que causam efeitos prejudiciais. As principais categorias de poluição incluem a poluição do ar, da água, do solo e a poluição sonora e visual.

Seção 1: Poluição do Ar

A poluição do ar é predominantemente causada pela emissão de gases e partículas na atmosfera. As fontes mais comuns incluem a queima de [REDACTED] (substâncias como carvão, petróleo e gás natural) em indústrias e veículos. Entre os poluentes mais preocupantes estão o dióxido de [REDACTED] (um gás de efeito estufa que contribui para o aquecimento global), óxidos de nitrogênio e [REDACTED] (partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar que podem causar problemas respiratórios).

Um fenômeno diretamente relacionado à poluição do ar é a [REDACTED], que ocorre quando gases poluentes como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio reagem com a água na atmosfera, formando ácidos que precipitam na forma de chuva. Este fenômeno causa danos a florestas, lagos e edificações.

Seção 2: Poluição da Água

A poluição da água ocorre quando corpos d'água como rios, lagos, oceanos e aquíferos são contaminados por substâncias nocivas. As principais fontes incluem o descarte inadequado de esgoto [REDACTED] (resíduos domésticos e industriais), resíduos agrícolas contendo [REDACTED] (substâncias usadas para aumentar a produtividade das lavouras) e [REDACTED] (compostos químicos orgânicos sintéticos amplamente utilizados para controle de pragas).

A eutrofização, um processo acelerado pelo excesso de nutrientes como [REDACTED] e [REDACTED] na água, provoca o crescimento excessivo de algas. Isso leva à diminuição do oxigênio dissolvido, prejudicando a vida aquática e criando "zonas mortas". Além disso, a presença de [REDACTED] na água, especialmente de plásticos, tem gerado grande preocupação devido aos seus impactos na fauna marinha e na cadeia alimentar.

Seção 3: Poluição do Solo e Outros Tipos

A poluição do solo resulta da acumulação de substâncias químicas e resíduos que degradam a qualidade do solo, tornando-o improdutivo e perigoso. As fontes incluem o descarte de lixo [REDACTED] (que não se decompõe facilmente), vazamentos de [REDACTED] (substâncias tóxicas usadas na agricultura) e descarte inadequado de [REDACTED] (resíduos perigosos de indústrias). A contaminação por metais pesados, como [REDACTED] e [REDACTED], é um problema sério, pois esses elementos podem se acumular na cadeia alimentar.

Além da poluição do ar, água e solo, temos também a poluição [REDACTED] (ruídos excessivos que afetam a saúde humana e a vida selvagem) e a poluição [REDACTED] (excesso de elementos visuais que prejudicam a paisagem e a qualidade de vida).

Conclusão Preliminar: A compreensão das causas e consequências da poluição é fundamental para o desenvolvimento de soluções eficazes. A [REDACTED] (ramo da ciência que estuda a composição, estrutura, propriedades e reações da matéria) desempenha um papel vital na análise de poluentes e na criação de tecnologias mais limpas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Etapa II: A Montagem do "rio na caixa" (30 minutos)

O docente assume o papel de orientador técnico durante a condução da atividade. Sua função primordial é garantir que a montagem do experimento ocorra de maneira precisa, assegurando que todos os alunos tenham visibilidade total dos processos executados. Essa postura visa facilitar a observação direta e a compreensão dos fenômenos simulados.

A etapa de experimentação é iniciada com a proposição de uma situação-problema de caráter preditivo. O professor questiona o grupo sobre as consequências do descarte de resíduos orgânicos em água pura após um período de sete dias. O objetivo é instigar a reflexão sobre a transformação da matéria e a permanência das propriedades físicas e químicas do meio hídrico sob a influência de poluentes.

A execução prática prossegue com o preenchimento de um recipiente com água, seguido pela deposição dos resíduos selecionados. Os alunos participam ativamente deste estágio, realizando o descarte controlado sob supervisão. Essa ação materializa a hipótese levantada anteriormente, transformando a discussão teórica em um cenário de observação prática.

Para finalizar a montagem, o recipiente é revestido lateralmente com papel cartão de cor preta. Esta etapa, devidamente fundamentada pelo docente, visa simular a ausência de luz em zonas profundas ou o isolamento de determinados corpos hídricos. Tal procedimento é essencial para a análise posterior das variáveis que influenciam a decomposição orgânica e a dinâmica dos ecossistemas aquáticos.

Etapa III: Formulação de hipóteses (30 minutos)

O professor atua como mediador, intervindo para evitar respostas genéricas ou superficiais. Sua função é estimular o detalhamento científico, orientando os alunos a utilizarem conceitos técnicos em suas observações. Essa postura assegura que a descrição dos fenômenos transcenda o senso comum e se aproxime da linguagem acadêmica.

A etapa de registro consiste no preenchimento individual de uma tabela

de predição por cada discente. O instrumento de coleta de dados foca na antecipação de alterações sensoriais e físicas, como a variação do odor e a modificação da transparência da água. Além disso, propõe-se uma análise comparativa sobre a taxa de degradação de materiais distintos, como polímeros plásticos e resíduos orgânicos.

O procedimento encerra-se com a fundamentação das hipóteses levantadas. Cada aluno deve justificar suas previsões correlacionando-as aos conceitos teóricos discutidos previamente na etapa de leitura. Espera-se que o discente conecte a observação empírica a processos biológicos específicos, como a decomposição, estabelecendo umnexo causal entre a teoria e a prática experimental.

Etapa IV: Fechamento e guardião (10 minutos)

A caixa é colocada em um local seguro da sala. Um aluno de cada grupo é nomeado "fiscal da água" para garantir que ninguém mexa na caixa até a próxima aula.

5.1.4 Pontos de contextualização

É possível usar o resgate da memória coletiva como estratégia de sensibilização e pertencimento. Ao evocar o histórico do principal corpo hídrico da região, estabelece-se um contraste temporal entre o estado atual de degradação e os relatos de balneabilidade de gerações anteriores. Essa contextualização visa humanizar os dados científicos, conectando a teoria à realidade vivida pela comunidade local.

A atividade expande-se para a dimensão da saúde pública ao correlacionar o descarte inadequado de resíduos sólidos a vetores de doenças. O experimento serve de base para discussões sobre a proliferação do *Aedes aegypti* e o risco de contaminação por leptospirose em cenários de alagamento. Assim, o estudo ambiental é integrado à análise de indicadores epidemiológicos e saneamento básico.

O fenômeno da decomposição é abordado sob a ótica da microbiologia e

da química ambiental. O professor esclarece que as alterações organolépticas, especificamente o odor característico, derivam da liberação de gases resultantes de reações metabólicas de microrganismos. Essa explicação técnica permite que o aluno compreenda a dinâmica biológica invisível a olho nu, fundamentando a percepção sensorial em evidências científicas.

5.1.5 Avaliação

O processo avaliativo possui caráter processual e contínuo, pautando-se na observação direta do desempenho discente durante as etapas propostas. O primeiro critério de análise reside na capacidade de dedução e inferência. Avalia-se se o aluno, diante das supressões textuais da técnica de *cloze*, foi capaz de reconstruir a coerência da narrativa e identificar a temática central do crime ambiental.

A qualidade das hipóteses formuladas constitui o segundo pilar da avaliação. Busca-se distinguir o pensamento puramente intuitivo do raciocínio científico em construção, valorizando registros que transcendam descrições superficiais. Em vez de termos genéricos, espera-se que o aluno utilize indicadores específicos, como a turbidez e a alteração cromática da água, associando-as diretamente ao processo de decomposição da matéria orgânica.

A dimensão procedimental é avaliada por meio da interação grupal e colaborativa. Observa-se a contribuição individual de cada discente na resolução do desafio proposto, especialmente na negociação de sentidos para o preenchimento das lacunas textuais. Essa análise permite mensurar não apenas a aquisição de conteúdo técnico, mas também o desenvolvimento de competências socioemocionais e de argumentação lógica em ambiente coletivo.

5.2 Aula 2: O Confronto com o invisível

Tempo: 2 horas/aula (100 minutos)

5.2.1 Objetivos de aprendizagem

- Compreender o processo de decomposição biológica e a

persistência de resíduos inorgânicos (plásticos/metais).

- Comparar dados observados com hipóteses prévias e utilizar linguagem científica para descrever fenômenos (turvação, efervescência, sedimentação).
- Reconhecer a responsabilidade individual no descarte de resíduos e o impacto de longo prazo no ecossistema.

5.2.2 Materiais

- A "caixa misteriosa": O experimento montado na Aula 1 (mantido lacrado até o momento oportuno);
- Protocolo de verificação: Uma ficha de observação dividida em: "O que eu previa" vs. "O que eu observo agora";
- Fotografias do dia 1: Impressas ou projetadas para comparação visual direta;
- Lanterna: Para testar a passagem de luz através da água turva.

5.2.3 Desenvolvimento

Etapa I: O Resgate da memória (20 minutos)

No estágio inicial da atividade, o docente assume uma postura analítica semelhante à de um investigador que revisita as evidências de um caso em andamento. Essa abordagem precede a abertura do dispositivo experimental e visa estabelecer um ambiente de curiosidade intelectual. O professor conduz o grupo de forma a conectar as etapas anteriores com os resultados que serão observados no presente encontro.

Em seguida, os estudantes realizam a releitura sistemática das hipóteses formuladas. Cada aluno utiliza seu diário de bordo para resgatar as anotações registradas na aula precedente, garantindo que as previsões originais estejam frescas na memória. Esse exercício de retomada é fundamental para fundamentar a comparação entre a teoria elaborada e a prática observada.

Por fim, promove-se uma votação rápida para estimular o engajamento e a expectativa da turma. O docente questiona os alunos sobre possíveis alterações na coloração da água, a persistência de odores e o estado de conservação do material plástico. Essa dinâmica busca converter as incertezas individuais em um debate coletivo antes da revelação final dos dados experimentais.

Etapa II: A revelação e observação sensorial (30 minutos)

O professor procede à abertura do dispositivo com cautela. O controle da postura dos alunos assegura que o foco permaneça na análise dos fenômenos biológicos em curso.

A etapa seguinte consiste na retirada do lacre, momento em que o professor remove o papel cartão preto que isolava o ambiente da luz. Com a câmara exposta, realiza-se o Teste de Tyndall (dispersão de luz em coloides) por meio da incidência de uma lanterna em uma das faces do recipiente. Os alunos observam que o feixe luminoso não atravessa o líquido com a mesma fluidez anterior, evidenciando a presença de partículas e microrganismos em suspensão.

Após o teste óptico, os grupos se aproximam para uma análise macroscópica detalhada, utilizando máscaras de proteção como medida de biossegurança. O exame da aparência da água revela a formação de biofilme na superfície e alterações cromáticas significativas, que variam entre tons de cinza e marrom. Tais indicadores visuais são fundamentais para a caracterização do estado de decomposição do meio.

Examina-se o estado físico dos resíduos depositados no interior da caixa. Observa-se que materiais orgânicos, como cascas de frutas, apresentam-se liquefeitos ou colonizados por fungos, contrastando com a integridade das embalagens plásticas. Embora apresentem sujidade, os polímeros permanecem intactos, evidenciando a disparidade entre os tempos de biodegradação dos materiais selecionados.

Etapa III: Roda de conversa e mediação (30 minutos)

Nesta etapa, o professor adota a técnica de perguntas socráticas para conduzir os discentes à sistematização das conclusões científicas. O diálogo é estruturado para que o aluno transite da observação sensorial para a abstração de fenômenos biológicos e químicos. A mediação busca transformar o evento observado em conhecimento teórico consolidado por meio do questionamento reflexivo.

Inicialmente, aborda-se o conceito de biodegradabilidade ao contrastar a permanência física do plástico com a degradação da casca de maçã. O professor questiona a razão pela qual materiais distintos apresentam respostas tão discrepantes ao mesmo ambiente de decomposição. Essa provocação permite que os alunos identifiquem a resistência dos polímeros sintéticos frente aos processos de degradação natural.

Em seguida, a investigação se volta para a atividade bacteriana e os mecanismos de decomposição orgânica. O docente indaga sobre a origem dos odores característicos, considerando que não havia matéria em estado de putrefação no início do experimento. Tal questionamento evidencia o papel dos microrganismos na transformação da matéria e a liberação de subprodutos gasosos durante o processo metabólico.

O debate é direcionado para os impactos ambientais e a contaminação de lençóis freáticos. O professor propõe um cenário hipotético em que os resíduos estariam depositados em um curso d'água real, questionando o destino do efluente escuro gerado, comumente denominado chorume. Essa etapa é crucial para que os estudantes compreendam a dinâmica de transporte de poluentes e a vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos.

5.2.4 Pontos de Contextualização

O docente apresenta uma análise comparativa acerca do tempo estimado para a decomposição dos materiais observados em ambiente natural. Essa etapa visa expandir a percepção cronológica dos alunos, confrontando a rapidez da biodegradação orgânica com a persistência secular de resíduos

antropogênicos. Ao destacar que itens como o plástico podem perdurar por aproximadamente 450 anos, a discussão transita da observação imediata para a responsabilidade ambiental de longo prazo.

Posteriormente, o fenômeno observado no dispositivo experimental é transposto para a realidade do saneamento básico e da gestão de recursos hídricos. O professor estabelece um paralelo direto entre a dinâmica da caixa e o processo de degradação ocorrido em corpos hídricos que recebem efluentes domésticos sem o devido tratamento. A ênfase recai sobre o conceito de eutrofização, explicando como o aporte excessivo de nutrientes e matéria orgânica compromete a qualidade da água e o equilíbrio dos ecossistemas fluviais.

5.2.5 Avaliação

A avaliação nesta etapa do procedimento concentra-se primordialmente na progressão da capacidade analítica do discente. O primeiro critério observa a habilidade de estabelecer conexões teóricas complexas a partir de estímulos sensoriais imediatos. Verifica-se, especificamente, se o aluno consegue correlacionar a emanção de odores característicos à atividade metabólica de microrganismos decompositores, transpondo a percepção empírica para o campo da microbiologia aplicada.

Outro ponto fundamental reside na precisão técnica do registro documental realizado pelo estudante. Analisa-se se as representações gráficas e os relatos textuais guardam fidedignidade com os fenômenos ocorridos no interior do dispositivo experimental ou se permanecem em um nível genérico de descrição.

A qualidade da argumentação é mensurada durante a dinâmica da roda de conversa coletiva. O foco recai sobre a apropriação do vocabulário técnico introduzido nas etapas teóricas precedentes, avaliando o uso correto de termos como "poluição química" e "contaminação biológica". A capacidade do aluno de mobilizar esses conceitos para sustentar seu ponto de vista demonstra a eficácia da transposição didática e a sedimentação do conhecimento científico proposto.

5.3 Aula 3: O mistério químico das águas de Terra Firme

Tempo: 2 horas/aula (100 minutos)

5.3.1 Objetivos de aprendizagem

- Compreender as propriedades físico-químicas da água e como poluentes antropogênicos (industriais e agrícolas) alteram sua potabilidade;
- Diferenciar misturas homogêneas de heterogêneas (identificando a fase oleosa no caso);
- Entender por que métodos físicos simples (fervura) não eliminam contaminantes químicos (metais pesados e agrotóxicos);
- Analisar o impacto do pH e da solubilidade na toxicidade da água.

5.3.2 Materiais

- Kit de demonstração: 3 béqueres com água, óleo de cozinha, corante escuro (para simular efluente), e uma fita de medição de pH.
- Estudo de caso: Impresso para os grupos.
- Recursos visuais: Projetor para exibição de infográfico sobre biomonitoramento.
- Laboratório de papel: Cartolinas, pincéis atômicos e post-its.
- Dispositivos: Celulares ou tablets (se disponível) para pesquisa.

5.3.3 Desenvolvimento

Etapa I: Acolhida e disparador (15 min)

O professor inicia a aula por meio de uma demonstração visual de caráter problematizador. Em um béquer contendo água, adicionam-se óleo e corante para simular a composição de um efluente industrial típico. Essa etapa visa materializar visualmente a complexidade das misturas líquidas contaminadas,

preparando o terreno para a discussão sobre processos de separação e persistência de poluentes no meio aquático.

A partir da mistura, o professor propõe uma provocação teórica fundamentada na termodinâmica e na química ambiental. Questiona-se a turma sobre a eficácia da fervura como método de purificação, indagando se o aumento da temperatura seria suficiente para eliminar o óleo, o corante ou os odores associados. Essa estratégia pedagógica busca desconstruir concepções de senso comum sobre o tratamento de águas contaminadas e introduzir a necessidade de processos físico-químicos mais complexos.

Etapa II: Leitura e diagnóstico do caso (20 min)

A etapa subsequente consiste na distribuição e leitura mediada de um estudo de caso. A leitura é interrompida estrategicamente para que a turma realize a decodificação científica dos eventos descritos. Essa técnica de "paradas cognitivas" permite que os alunos processem as informações por camadas, transformando a leitura em um exercício de investigação clínica e química.

No primeiro ponto de análise, o foco recai sobre o "brilho oleoso" relatado no texto, utilizando-o como gatilho para a discussão de propriedades físico-químicas. O professor conduz o debate para os conceitos de polaridade e densidade. Essa observação é fundamental para a compreensão da dinâmica de espalhamento de poluentes hidrofóbicos em ecossistemas aquáticos.

Em seguida, realiza-se uma análise comparativa dos sintomas apresentados pelos personagens Maria e João. A mediação pedagógica busca diferenciar as vias de exposição e as respostas biológicas correspondentes, contrastando reações dermatológicas de contato com sintomas sistêmicos, como a dor abdominal. Essa diferenciação permite que os discentes compreendam como a toxicodinâmica varia de acordo com a forma de absorção do agente contaminante pelo organismo humano.

Por fim, enfatiza-se a intervenção do personagem Dr. José para estabelecer a distinção crítica entre contaminantes biológicos e químicos. O docente ressalta que, enquanto o calor pode inativar patógenos por meio da

desnaturação proteica, ele é ineficaz contra íons metálicos, como o chumbo e o mercúrio. Ao pontuar que metais pesados não são "eliminados" por processos térmicos, a aula consolida o entendimento sobre a persistência desses elementos e os riscos da bioacumulação na cadeia alimentar.

Figura 17 - Estudo de caso



Maria e João são irmãos e moram no bairro da Terra Firme, periferia de Belém, no Pará. Um bairro bem humilde, que não tem acesso a saneamento básico, ou seja, os moradores não têm acesso a água limpa para seus afazeres nem água potável para beber. Quando necessitam de água "boa" (limpa), os moradores vão até o poço buscá-la. Devido a essa situação precária que o povo da região vive, muitos voluntários de ONGs fazem

trabalhos para a conscientização da população para não poluir o rio a fim de evitar a escassez da água, e pressionam os governantes para fornecer saneamento básico na região.

Enquanto isso não surte efeitos rápidos, eles também distribuem galões com água mineral aos moradores a cada duas semanas.

Um dia, como de costume, Maria, de 9 anos, e seu irmão Joãozinho, de 4 anos, foram pela manhã brincar nas redondezas do córrego, porém esse dia foi diferente dos outros. Estavam eles e seus amigos da vizinhança brincando e de repente Maria começou a sentir dor, uma dor tremenda na barriga, mas não deu muita atenção, pois imaginava que poderia ser fome. Continuou a brincar, mas a dor só aumentava, e agora acompanhada de dores de cabeça, calafrios e ânsias de vômito. Para não assustar Joãozinho, Maria resolveu se sentar na beira do córrego e reparou que seu irmão estava distante, se contorcendo de dores na barriga e vômito intenso. Preocupada, levou João para casa. Sua mãe, muito ocupada, cortando os mariscos para vender na feira, imaginou que seu filho estivesse exagerando e pediu para que ele comesse algo e bebesse água que passaria a dor. Maria não contou que também estava passando muito mal; era a filha mais velha e precisava estar forte para cuidar de seu irmãozinho. Algumas horas se passaram e a diarreia de João só aumentava, e ele estava ficando muito desidratado. Maria começou a ter diversas manchas vermelhas pelo corpo, febre alta e dor intensa de cabeça. A mãe percebeu a gravidade do caso e levou seus filhos ao pronto-socorro. Após um bom tempo, eles foram atendidos por um médico.

O Dr. José perguntou para a mãe das crianças se elas haviam comido algo estragado ou se tinham alguma alergia. Com a negativa da mãe, o médico ficou intrigado. Examinando as crianças, percebeu que Maria tinha manchas vermelhas pelo corpo e muita febre e que João estava muito desidratado. Então resolveu perguntar a Maria onde eles moravam. Maria contou a situação da região e do córrego próximo à sua residência. Com isso, o médico ficou pensando no que estava provocando aqueles sintomas e pediu alguns exames para comprovar suas hipóteses. Com o diagnóstico em mãos, disse que Maria tinha febre tifoide e João estava com cólera, doenças provocadas pelo consumo de água contaminada. Maria confessou que ela, João e alguns amigos, em um dia de muito calor, acabaram bebendo a água de um balde próximo ao córrego; ela parecia limpa, mas tinha um gosto estranho. Assim o Dr. José, medicou as crianças e orientou que a água, mesmo que pareça limpa, pode estar contaminada por bichinhos quase invisíveis, chamados microrganismos, como as bactérias, que podem provocar sérias doenças; para matá-las, antes de ingerir a água é importante fervê-la.

Fonte: Elaborado pelo autor

Etapa III: Investigação em grupos (35 min)

A turma é subdividida em grupos compostos por quatro a cinco integrantes, cada qual designado para uma missão investigativa específica baseada no estudo de caso. Cada grupo assume um papel técnico distinto, sendo provocado a aplicar os conceitos teóricos para solucionar as problemáticas apresentadas na narrativa.

O primeiro grupo, autodenominado "Os Químicos", possui a tarefa de identificar três substâncias potenciais que justificariam o aspecto oleoso da água. A análise deve aprofundar-se nas razões pelas quais a contaminação persiste mesmo após o processo de ebulição, mobilizando conceitos como estabilidade química e disparidade entre pontos de ebulição. O foco reside na compreensão de que contaminantes com altas temperaturas de vaporização não são removidos por métodos térmicos simples.

O segundo grupo, intitulado "Os Sanitaristas", dedica-se ao exame dos impactos decorrentes da ausência de redes de esgoto e do descarte industrial irregular. A investigação concentra-se na dinâmica de contaminação do lençol freático, considerando as propriedades de porosidade e permeabilidade do solo local. Este grupo deve explicar como a infiltração de efluentes líquidos compromete a segurança hídrica das reservas subterrâneas, mesmo em áreas distantes do ponto de descarte inicial.

O grupo dos "Comunicadores" é responsável pela elaboração de um rascunho de "Alerta Comunitário" direcionado à população local. O objetivo é traduzir o rigor científico em uma linguagem acessível, esclarecendo que, diante de contaminantes químicos específicos, métodos tradicionais como o uso de filtros de barro ou a fervura são insuficientes. Essa atividade busca desenvolver a competência de comunicação científica e a responsabilidade social do estudante frente a crises de saúde pública.

Etapa IV: Socialização e tomada de decisão (20 min)

Na fase de encerramento da atividade, cada grupo apresenta as soluções elaboradas para o estudo de caso envolvendo os personagens Maria e João. O docente atua como mediador do debate, incentivando o intercâmbio de

perspectivas entre os núcleos de químicos, sanitaristas e comunicadores. Esse momento é crucial para a sistematização do conhecimento, pois permite que a turma confronte diferentes dimensões de um mesmo problema ambiental.

Durante as exposições, o professor introduz questionamentos que visam expandir a análise para além da punição administrativa e da remediação imediata. Ao indagar se a aplicação de multas à indústria responsável resolveria prontamente a contaminação hídrica, o docente provoca uma reflexão sobre a persistência de poluentes no ecossistema. Essa intervenção é desenhada para desconstruir visões simplistas sobre a gestão de danos ambientais, focando na complexidade da recuperação de recursos naturais degradados.

A discussão é então direcionada para o conceito fundamental de bioacumulação, explorando como substâncias químicas nocivas se acumulam nos tecidos dos organismos ao longo do tempo. O docente explica que, mesmo com a interrupção do descarte, certos contaminantes permanecem na cadeia alimentar, afetando sucessivos níveis tróficos. Essa abordagem permite que os discentes compreendam a gravidade das contaminações químicas e a importância do monitoramento contínuo da saúde das populações expostas a esses resíduos.

5.3.4 Pontos de contextualização

O docente utiliza a "invisibilidade" do perigo químico como um elemento de desestabilização cognitiva para os alunos. Discute-se que, ao contrário da água turva por sedimentos de argila, a água contaminada quimicamente pode apresentar-se perfeitamente cristalina aos olhos do observador. Essa abordagem fundamenta o conceito de solução verdadeira, em que o soluto está disperso em nível molecular ou iônico, tornando a detecção visual impossível e reforçando a necessidade de análises laboratoriais rigorosas para a garantia da potabilidade.

A contextualização geográfica é aprofundada ao citar corpos hídricos locais. Ao trazer o debate para a "calçada da escola", o professor transforma rios conhecidos em objetos de estudo vivo, permitindo que os discentes reconheçam as pressões antrópicas e os desafios de saneamento em seu próprio território. Essa territorialização do ensino de ciências é essencial para converter a teoria

em consciência socioambiental aplicada.

Estabelece-se uma distinção crítica no campo da saúde pública entre as patologias de curto e longo prazo. Enquanto as contaminações bacterianas costumam manifestar-se por meio de episódios agudos de diarreia e desidratação, a toxicidade química é relacionada a efeitos cumulativos e crônicos, como neoplasias e disfunções neurológicas. Essa diferenciação é fundamental para que os alunos compreendam que a ausência de sintomas imediatos não exclui a presença de riscos severos à saúde, consolidando a percepção sobre a gravidade dos poluentes persistentes.

5.3.5 Avaliação

A avaliação nesta etapa possui caráter processual e contínuo, pautando-se na observação direta do desenvolvimento cognitivo dos estudantes. O primeiro indicador de desempenho foca na capacidade de discernimento técnico entre os riscos ambientais. Verifica-se se o discente compreendeu que o processo de fervura, embora eficaz para a eliminação de agentes biológicos patogênicos, é insuficiente para a mitigação de contaminantes químicos, os quais demandam tratamentos específicos de maior complexidade.

Em um segundo momento, analisa-se a clareza e a coerência do material de conscientização produzido pelos grupos. A avaliação recai sobre a capacidade de transposição didática, observando se os alunos conseguiram converter o conhecimento científico em informações acessíveis e úteis para a comunidade. A qualidade do texto e a precisão das recomendações sanitárias são utilizadas como evidências da assimilação dos conceitos de toxicologia e saneamento discutidos em aula.

Por fim, aplica-se uma atividade de saída como instrumento de avaliação rápida e individual. Cada aluno deve registrar de forma sucinta a distinção fundamental entre o ato de "limpar a água" e "descontaminar a água". Esse registro é fixado na porta da sala, servindo como uma evidência final da consolidação do vocabulário técnico e da compreensão dos processos físico-químicos abordados na unidade.

5.4 Aula 4: Engenharia da purificação e adsorção química

Tempo: 2 horas/aula (100 minutos)

5.4.1 Objetivos de Aprendizagem

- Projetar e testar um sistema de purificação de água baseado em processos físicos e químicos;
- Compreender a diferença entre filtração (retenção mecânica por tamanho de partícula) e adsorção (retenção química no carvão ativado);
- Analisar a porosidade e a granulometria dos materiais (areia, brita, seixo);
- Desenvolver o pensamento crítico sobre as limitações dos filtros caseiros (reforçando que eles não tornam a água quimicamente pura para consumo sem desinfecção).

5.4.2 Materiais

- Estrutura: Garrafas PET cortadas (suporte), algodão ou gaze (base).
- Elementos filtrantes: Areia fina, areia grossa, brita (pedras pequenas), seixos (pedras grandes).
- Carvão Ativado (essencial para discutir a remoção de odores e compostos orgânicos do Caso da Aula 3).
- A "Água problema": Água misturada com terra, restos de óleo vegetal e um pouco de vinagre (para testar se o filtro altera o odor/acidez).
- Laboratório de registro: Papel para o desenho do "Mapa de Fluxo" e cronômetros (celulares) para medir a vazão.

5.4.3 Desenvolvimento

Etapa I: Briefing científico e hipóteses (15 min)

Nesta fase da intervenção, o docente assume a função de "Engenheiro Chefe", estabelecendo um ambiente de rigor técnico e planejamento prévio. Antes de proceder à manipulação dos materiais, cada grupo é instruído a redigir sua respectiva hipótese de ordenação das camadas filtrantes. Essa etapa é fundamental para que a prática não se limite ao ensaio e erro, mas se configure como um experimento controlado, onde a disposição dos elementos segue uma lógica teórica preestabelecida pelos discentes.

O professor propõe desafios que estimulam a análise da dinâmica de fluidos e a eficácia da filtração. Ao questionar as consequências de se inverter a ordem da areia e das pedras, o mediador incita os alunos a preverem alterações na velocidade do fluxo hídrico e na turbidez final do efluente. Essa provocação obriga os grupos a considerarem as propriedades de granulometria e porosidade dos materiais, conectando a estrutura física do filtro ao desempenho esperado na purificação da água.

A atividade resgata os conceitos de contaminantes químicos e odores abordados no encontro anterior. O docente questiona quais materiais disponíveis na bancada possuem a propriedade de reter agentes químicos responsáveis por odores persistentes. Essa abordagem introduz, de maneira prática, o conceito de adsorção, direcionando a atenção dos alunos para as propriedades específicas do carvão ativado ou outros meios filtrantes capazes de realizar a purificação em nível molecular.

Etapa II: Montagem e execução (40 min)

Durante a operação do sistema de filtração, os grupos realizam o registro de dados em tempo real. Os alunos devem cronometrar o intervalo decorrido até a percolação da primeira gota, parâmetro técnico definido como tempo de retenção. Essa métrica é essencial para correlacionar a densidade das camadas filtrantes com a velocidade do fluxo hídrico. Simultaneamente, é efetuada a descrição qualitativa do aspecto visual do efluente, comparando as características da água antes e depois do processo para mensurar a eficiência da clarificação.

Etapa III: "Simpósio de Resultados" (30 min)

A turma adota uma dinâmica de rotatividade para a socialização dos resultados experimentais. Metade dos integrantes de cada grupo permanece em sua bancada original na função de "Expositores", enquanto a outra metade atua como "Investigadores", circulando pelas demais estações para observar as variações nos sistemas de filtração vizinhos. Esse modelo de organização promove a troca de experiências e permite que os discentes confrontem diferentes arquiteturas de filtros e suas respectivas eficiências.

Durante a discussão técnica, os alunos são instados a justificar as escolhas metodológicas referentes à sequência das camadas filtrantes. A argumentação deve fundamentar por que determinada ordem de materiais foi selecionada para otimizar a retenção de resíduos sólidos. Esse exercício de defesa técnica estimula o uso do vocabulário científico e a reflexão sobre a física da percolação e da decantação em meios porosos.

O docente intervém nos grupos para aprofundar a abordagem química, introduzindo formalmente o conceito de adsorção mediado pelo carvão ativado. O professor esclarece que este material não atua meramente como uma "peneira" física, mas sim como um agente de atração molecular. Utiliza-se a analogia de um "ímã químico" para explicar como o carvão captura e fixa certas moléculas orgânicas e odores em sua superfície, diferenciando esse fenômeno da simples filtração mecânica por tamanho de partícula.

Etapa IV: Fechamento e debate crítico (15 min)

No encerramento da atividade, o docente reúne a turma para a análise do veredito final, utilizando uma questão norteadora para desconstruir percepções sensoriais equivocadas. Ao questionar se a transparência obtida no efluente garante a sua potabilidade, o professor estimula a distinção entre misturas heterogêneas e homogêneas. Conclui-se que, embora a filtração tenha removido com sucesso os sólidos em suspensão, poluentes dissolvidos e microrganismos patogênicos podem permanecer no líquido. Esta discussão estabelece onexo causal necessário para introduzir a cloração e a fervura como etapas

complementares e indispensáveis no tratamento de água.

Quanto à postura pedagógica e mediação, o papel do docente é evitar o fornecimento de protocolos rígidos ou "receitas" prontas. Caso um grupo estruture o filtro em uma ordenação que resulte em entupimento imediato, o professor não deve intervir prematuramente, permitindo que o fenômeno físico se manifeste. Essa omissão deliberada visa proporcionar o confronto direto do estudante com a falha experimental, transformando o erro em uma oportunidade de investigação ativa.

A intervenção docente ocorre no momento da análise do problema, por meio de questionamentos sobre a compactação da camada de areia fina e a dinâmica de fluxo. Ao indagar sobre o rearranjo necessário dos materiais, o professor fomenta a capacidade de diagnóstico e resolução de problemas. Essa abordagem retira o aluno da posição de executor de tarefas e o coloca no papel de investigador, consolidando o aprendizado por meio da correção do percurso científico.

5.4.4 Avaliação

A avaliação nesta etapa distancia-se da eficiência técnica do dispositivo, focando, em vez disso, nos processos cognitivos e colaborativos. O primeiro critério reside na fundamentação científica apresentada pelos discentes. Observa-se a capacidade do grupo em distinguir as funções mecânicas da areia, voltadas à retenção de sólidos, das propriedades químicas do carvão ativado. A articulação entre a prática observada e os conceitos de porosidade e adsorção é o principal indicador de aprendizagem.

A qualidade do registro documental também constitui um eixo avaliativo central. O esquema técnico produzido deve ser uma representação fidedigna do protótipo construído, exigindo rigor na tradução do objeto físico para o suporte gráfico. Analisa-se se o desenho respeita a proporcionalidade das camadas e a simbologia adequada, demonstrando que o aluno é capaz de realizar um registro científico preciso em vez de uma ilustração genérica.

Por fim, a dimensão sociocomportamental é avaliada por meio da colaboração e divisão de tarefas no interior dos grupos. A observação docente recai sobre a distribuição equânime das responsabilidades, desde a montagem

estrutural e a cronometragem do tempo de retenção até a articulação da defesa teórica. Esse critério permite mensurar o desenvolvimento de habilidades interpessoais e a capacidade de organização coletiva, elementos essenciais para o fazer científico em ambiente acadêmico ou profissional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de uma sequência didática fundamentada no ensino por investigação, conforme proposto, revela-se uma estratégia interessante para a introdução do método científico para a 3ª série do Ensino Médio, no âmbito do Itinerário Formativo "Química Aplicada". A abordagem transcende a visão tradicional e linear do método científico, promovendo um ambiente de aprendizagem dinâmico, colaborativo e alinhado às competências exigidas pela contemporaneidade.

Os pontos positivos desta aplicação são múltiplos e se manifestam de forma integrada ao longo das aulas planejadas como engajamento, contextualização, desenvolvimento do pensamento crítico, argumentação, protagonismo e autonomia.

Em suma, a aplicação desta sequência didática no início do percurso formativo de "Química Aplicada" não se limita a ensinar as "etapas" do método científico. Ela proporciona uma vivência da ciência como um processo investigativo, dinâmico e humano. Ao fazê-lo, estabelece uma base sólida para a disciplina, desmistificando a ciência como um corpo de conhecimento pronto e acabado e, em seu lugar, apresentando-a como uma forma de pensar e de investigar o mundo. A proposta, portanto, alinha-se perfeitamente aos objetivos de uma educação que visa formar cidadãos críticos e reflexivos, capazes de tomar decisões informadas em seu cotidiano.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

SÁ, E. F. et al. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Abrapec, 2007. Disponível em: https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/CR2/p820.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.

SOUZA, J.; DIAS, M. Entre continuidades e mudanças na (auto)formação de professores. **Cadernos dos Tempos Modernos**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 29-66, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/tempo/article/view/22343/16677>. Acesso em: 11 jul. 2025.

STEFANIDOU, C.; STAVROU, I.; KYRIAKOU, K.; SKORDOULIS, C. Inquiry-based teaching and learning in the context of pre-service teachers' science education. **Universal Journal of Educational Research**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 5894-5900, 2020. Disponível em: <https://www.hrpub.org/download/20201130/UJER23-19517484.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.

LIBÂNEO, J. C.; O planejamento escolar. In: LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução: Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.