

Alerta de Spoilers: A Química Como Você Não Vê nas Séries de TV

Spoiler Alert: Chemistry as You Don't See It on TV Shows

Valdinei S. de Souza,^{a,*} Dalila dos S. Monteiro,^b Jeferson do R. Almeida,^a Marciana B. da Silva^c

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Santa Inês, Santa Inês-BA, CEP 45320-000, Brasil

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Catu, Catu-BA, CEP 48110-000, Brasil

^c Colégio Estadual do Campo Thomaz Leite, Distrito de Gameleira, Sítio do Mato-BA, CEP 47610-000, Brasil

E-mail: valdinei.souza@ifbaiano.edu.br

Submissão: 6 de Janeiro de 2025

Aceite: 24 de Novembro de 2025

Publicado online: 2 de Dezembro de 2025

This study examines how TV series portray chemical phenomena and analyzes their potential applications in science education. Employing a qualitative methodology based on Tozoni-Reis (2009), the research administered an 11-question survey to 113 participants, primarily secondary school students, to investigate the relationship between TV series and chemical knowledge. The most frequently cited series were analyzed for their depictions of chemical phenomena, with selected episodes evaluated from a science education perspective. Scenes such as “acid fog” and “hydrazine” in *The 100*, or methamphetamine synthesis, hydrofluoric acid use, and galvanic cell construction in *Breaking Bad*, revealed a striking disconnect: while these series present chemistry in engaging ways, fewer than 10% of participants accurately identified the underlying scientific principles. This gap underscores the need for critical science education that leverages media representations to bridge formal knowledge and everyday contexts, empowering students to distinguish fiction from reality. Integrating contextualized examples from popular media could enhance chemistry education, making it more relevant and engaging while transforming superficial portrayals into active learning opportunities.

Keywords: TV series; science education; chemical representation; chemistry teaching; fiction and reality.

1. Introdução

Na atualidade, a humanidade acompanha um rápido avanço da ciência e da tecnologia. No entanto, a compreensão desses avanços e seus desdobramentos (positivos e negativos) por parte da população ainda é problemática.¹ Isso reforça, como apontado por muitos pesquisadores, a necessidade da construção de uma cultura científica.²⁻⁵ Assim como qualquer forma de cultura, a cultura científica pode ser ensinada e, como sinalizam Díaz *et al.*,⁵ cabe ao ensino de ciências a promoção da educação científica.

A educação científica pode ser entendida como ações planejadas que levem ao desenvolvimento de habilidades e competências que permitam aos indivíduos o domínio e o uso dos conhecimentos científicos de forma consciente.⁶ Essas habilidades, de acordo com Chassot,⁷ iniciam-se com a alfabetização científica (capacidade de codificação/decodificação da simbologia específica inerente à linguagem científica) e consolidam-se com o letramento científico (o estado ou condição de quem não apenas sabe ler e escrever, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam a escrita), como aponta Soares, 1998.⁸ Como consequência desses dois movimentos, espera-se a formação de cidadãos capazes de se posicionarem diante das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Contudo, a construção dessas habilidades e competências é um grande desafio, pois de acordo com Santos,⁹ o ensino de ciências ocorre de forma fragmentada e descontextualizada, e ainda hoje não é diferente, priorizando a resolução de exercícios, o que torna aprender sobre ciência algo desinteressante. Vale ressaltar que o ensino de ciências ainda está voltado para capacitar estudantes para avaliações externas,¹⁰ como o ingresso ao ensino superior via Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), por exemplo.

Santos⁹ indica a necessidade de alterações metodológicas para tornar o ensino de ciências mais “palatável” ao estudante. Essas transformações já vêm sendo gestadas há alguns anos no âmbito das abordagens CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), campo interdisciplinar que estuda as relações entre desenvolvimento científico e dinâmicas sociais. Tais perspectivas orientam uma série de ações em espaços formais e não formais de educação, com o objetivo de reduzir a distância entre a produção científica e a cultura popular, conforme defendido por Fourez¹¹ em seus trabalhos sobre alfabetização científica.

Dentro das ações a serem empreendidas para a efetiva educação científica, um dos requisitos

é explorar o cotidiano do estudante. Para os jovens da atual geração, assistir às séries de TV/plataformas de streaming, por exemplo, é considerado um dos hobbies preferidos. De acordo com a pesquisa da NBC Universal,¹² aproximadamente 123 milhões de pessoas entre 18 e 65 anos utilizaram os serviços de streaming no Brasil. Esses números são, obviamente, maiores, já que crianças e adolescentes também fazem uso dessas plataformas digitais.

A utilização de recursos audiovisuais com TV e cinema vem sendo explorada como ferramenta didática no ensino de ciências já algum tempo. Mórán,¹³ por exemplo, destaca que “o vídeo seduz, informa, entretém e projeta em outras realidades e outros tempos e espaços”. Rosa,¹⁴ complementa essa ideia indicando que os recursos audiovisuais, motiva os estudantes, facilita a demonstração e pode atuar como um organizador prévio, fazendo referência a teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa. Ambos os autores pontuam a necessidade do uso correto dessas ferramentas para que o processo educacional seja efetivo.

Diante do uso massivo dessas plataformas, as séries televisivas emergem como ferramentas promissoras no ensino de ciências já que fazem parte do cotidiano do estudante. Essas séries oferecem um contexto visual e narrativo contendo elementos científicos que podem ser analisados em sala de aula. Isso permite o envolvimento dos estudantes nas discussões, aguçando o pensamento crítico sobre a ciência e, também, estimulando o interesse pelas ciências.¹⁵

Por outro lado, Grossklaus *et al.*,¹⁶ revelam uma lacuna nas pesquisas sobre o uso de séries televisivas no ensino de Ciências e Biologia. Os resultados destacam a necessidade de ampliar investigações nessa área para explorar o potencial didático das narrativas seriadas como ferramenta pedagógica. Vale ressaltar que ao contrário dos filmes, as séries têm buscado criar conexões entre os personagens principais e o público de forma tão ativa e duradoura que muitas delas podem sofrer alterações ao longo de sua exibição, apenas em função do feedback dado pelo público telespectador. Os personagens, juntamente com o roteiro, tornam-se, de certa forma, o principal ponto de contato com o público,¹⁷ muitas vezes transcendendo a barreira da ficção e criando uma ponte de ligação com a realidade. Esse ponto é particularmente importante, pois o público também se vê nas séries e, portanto, a integração entre entretenimento e educação, torna o estudo das ciências mais acessível e interessante para os alunos.

Vale a pena comentar que as séries, assim como os filmes, não têm necessariamente o compromisso com a veracidade dos conceitos científicos supostamente envolvidos nas narrativas. Como aponta Piassi e Pietrocola,¹⁸ “os filmes exibem cenas fantasiosas ou mesmo flagrantemente contrárias ao conhecimento científico”, mas ainda assim podem ser explorados, já que o erro também é um caminho para a aprendizagem. Essa perspectiva é reforçada por Astolfi,¹⁹ que defende o erro como ferramenta didática, argumentando que a identificação e a análise de equívocos

estimulam o pensamento crítico e a reconstrução do conhecimento científico. Da mesma forma, Bachelard,²⁰ em sua obra *A Formação do Espírito Científico*, destaca que os obstáculos epistemológicos — incluindo representações equivocadas — são etapas fundamentais para a compreensão dos conceitos científicos.

Vários trabalhos já vêm explorando a utilização das séries no ensino de ciência.²¹⁻²⁷ Esses estudos discutem tanto a potencialidade quanto os desafios do uso de séries televisivas como ferramenta pedagógica, com enfoques que variam conforme a disciplina e o nível de ensino.

Nessa perspectiva, este trabalho, desenvolvido junto ao Grupo de Estudos em Química (GEQUIM), formado por professores de química, discentes do ensino médio integrado e técnicos administrativos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano) – Campus Santa Inês, teve como objetivo investigar os fenômenos químicos apresentados nas séries de TV e sua relação com os conceitos químicos formais referenciados na literatura. Episódios das séries *Breaking Bad* e *The 100* foram assistidos e analisados. Foram identificadas cenas em que fenômenos químicos de destaque foram apresentados. Os fenômenos foram estudados, comparado com textos da literatura e os resultados das discussões geradas a partir da análise das séries são apresentados neste artigo.

2. Procedimento Experimental

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa ancorada nos pressupostos de Tozoni-Reis,²⁸ que postula a educação como um fenômeno social analisável por meio de múltiplas dimensões, incluindo discursos, observações participativas e dados quantitativos contextualizados. A pesquisa foi estruturada em três fases sequenciais: (1) Coleta de dados para prospecção de séries de TV e identificação de conteúdos químicos; (2) análise qualitativa das cenas selecionadas; e (3) validação e discussão dos achados.

2.1. Coleta de dados

O público-alvo primário consistiu de 70 estudantes do ensino médio dos cursos técnicos integrados de Alimentos, Agropecuária e Zootecnia do Instituto Federal Baiano – Campus Santa Inês. Para garantir abrangência, a amostra foi expandida para incluir discentes do ensino fundamental II (12), discentes da graduação (14), servidores (8) e a comunidade geral (9) totalizando 113 participantes. Por se tratar de uma pesquisa voluntária, não houve limite mínimo ou máximo do número de participações.

Um questionário estruturado com 11 perguntas (disponível nos *Materiais Suplementares*) foi desenvolvido para identificar as séries de TV mais assistidas pelo público, mapear cenas com potenciais conteúdos de química e coletar percepções sobre a relevância didática dessas cenas. O instrumento incluiu perguntas abertas e fechadas

estruturadas a partir de estudos e conhecimentos prévios. O formulário, hospedado na plataforma *Google Forms*, foi disseminado por meio de e-mails institucionais, grupos de *WhatsApp* de turmas e redes sociais. O link permaneceu ativo por 30 dias com acompanhamento diário. Sofreu saturação a partir do vigésimo dia, ou seja, não houve novas respostas nos últimos 10 dias que antecederam o encerramento do formulário.

2.2. Análise dos dados

Dados qualitativos e quantitativos foram analisados a partir das respostas dos formulários. Questões objetivas foram tratadas via estatística descritiva, em termos de frequência percentual utilizando planilha do Excel. Questões subjetivas foram tratadas segundo análise textual discursiva, para identificação de temas, exploração de padrões e compreensão contextualizada das respostas conforme metodologia de Moraes (2003).²⁹

Os respondentes foram identificados por códigos alfanuméricos para garantir o anonimato e a possibilidade de citação das falas ao longo da análise. Foram selecionadas as seis séries mais citadas para análise posterior. Cinco ou seis séries era a quantidade com resposta representativa e viável baseada na limitação de tempo e de encontros do grupo.

O grupo de trabalho (4 professores de química doutorados e 6 discentes do ensino médio) assistiu aos episódios selecionados, identificando as cenas com fenômenos químicos. As cenas de cada série foram identificadas conforme nome da série, temporada e episódio (e.g: *The 100_T01_Ep06*). Inicialmente, cada participante, de forma individual, avaliou as cenas registrando os fenômenos químicos e categorizando conforme critérios pré definidos tais como: conteúdo (nome do assunto, conforme a BNCC, 2018), precisão científica (baixa - média - alta) e relevância didática (baixa - média - alta). Após as análises e amplas discussões, as séries e os episódios foram confrontados para validação e escolha das cenas que seriam investigadas de forma mais aprofundada. As cenas foram selecionadas baseando-se nos critérios de precisão científica e relevância didática. O número de cenas escolhidas para a análise discursiva se deu em função do tempo disponível do grupo e a capacidade de esgotamento das discussões.

2.3. Validação e discussão dos achados

Cenas dos episódios: *The 100_T02_Ep03*, *The 100_T04_Ep01*, *Breaking_Bad_T01_Ep01*, *Breaking_Bad_T01_Ep06* e *Breaking_Bad_T02_Ep09* foram escolhidos para análise aprofundada pelo grupo. As cenas selecionadas foram transcritas e os conceitos identificados foram confrontados com a literatura científica para avaliar precisão científica e relevância didática. Quando necessário, cenas envolvendo o mesmo fenômeno em diferentes

episódios eram assistidas para incrementar as discussões. Discrepâncias entre representações midiáticas e evidências científicas foram documentadas e discutidas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Resultado do questionário

O presente estudo, como já sinalizado, buscou analisar a percepção de conteúdos de química em séries de TV por estudantes de ensino médio, investigando como a representação midiática da ciência se relaciona com o aprendizado formal. Na primeira questão: (*Quais séries você assiste ou já assistiu?*), os participantes selecionaram, em formato de múltipla escolha, as séries que haviam assistido (total ou parcialmente), com a opção de adicionar outras produções em um campo aberto. Dos 113 participantes, apenas 91 responderam à questão, dos quais 61 citaram títulos não listados inicialmente, totalizando 62 produções adicionais. As séries mais mencionadas foram: *La Casa de Papel*, *Riverdale*, *Lúcifer*, *Arrow*, *Friends*, *Game of Thrones*, *Once Upon a Time*, *Pretty Little Liars*, *Black Mirror*, *The Flash*, *Elite*, *O Atirador*, *Sex Education*, *The Big Bang Theory*, *The Vampire Diaries*, *The Walking Dead*, *Vis a Vis*, *Zoe e Raven*. Todos os títulos supracitados foram mencionados mais de uma vez, evidenciando sua relevância na amostra analisada.

A Figura 1 ilustra a distribuição dessas preferências, destacando a predileção por narrativas dramáticas com elementos de romance juvenil, suspense, investigação policial, e diversidade genérica com forte componente emocional. Temporalmente, observa-se que 68% das produções citadas pertencem à era pós 2010, sugerindo que os resultados refletem tanto o perfil demográfico dos respondentes quanto o contexto tecnocultural da década de 2010-2020. Essa interpretação é corroborada com os achados da pesquisa, uma vez que 62% dos respondentes são estudantes de cursos técnicos integrados ao ensino médio e pertencem à faixa etária de 15 a 19 anos. Estudos longitudinais poderiam investigar como essas preferências evoluirão com as transformações no ecossistema midiático na próxima década.

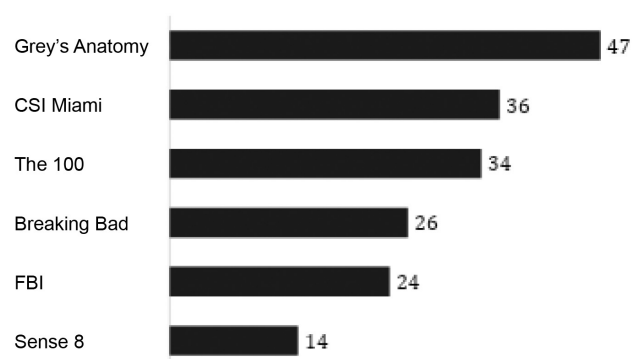


Figura 1. Séries já assistidas pelos respondentes

Como pode ser visto, não há predominância de séries do gênero de ficção científica. Ainda que, séries que abordam conteúdos científicos sejam citadas, são os elementos do drama e do romance os arcos provocadores de atração para os telespectadores participantes. Séries como *Grey's Anatomy*, *The 100*, *CSI Miami* e *Breaking Bad*, aparecem na lista dos mais assistidos, mas sua popularidade não pode ser relacionada exclusivamente à presença de conteúdos científicos. Essa questão também foi investigada no questionário aplicado com o seguinte descritor: “Das séries que você já assistiu ou ainda está assistindo, você lembra de algum conteúdo relacionado com a química? Se sim, qual(quais)? (Série e assunto)”. Foram 76 respostas, dos quais 44,7% dos participantes dizem não lembrar de qualquer conteúdo de química, 15,2% dizem lembrar, mas não identificaram o fenômeno químico, informando apenas o nome da série; e em 9,7% das respostas foi identificado apenas o assunto.

O dado mais interessante neste resultado é que 70,5% dos participantes que dizem não lembrar de qualquer assunto de química são discentes do ensino médio. O achado sugere um problema estrutural no ensino de química, onde discentes cuja base curricular obrigatória oferta o ensino de química, não são capazes de identificar um fenômeno químico ou não desenvolveram uma aprendizagem significativa, ao passo de que tenham se esquecido logo tenha superado o processo de transmissão do conteúdo.

Ausubel³⁰ destaca que para que o conhecimento seja retido, ele precisa ser significativo, ou seja, conectado a conceitos prévios. Se o ensino de química for baseado apenas em memorização mecânica, sem contextualização, é provável que os alunos não retenham o conteúdo. Isso explicaria o motivo, de mesmo, alunos de níveis avançados (ensino médio ou superior), mas que tiveram uma formação deficiente, não se lembrarem dos conceitos. A abordagem superficial dos conteúdos, a dificuldade de demonstrar à sua utilidade prática, aliado à falta de motivação dos estudantes e possíveis falhas no processo de ensino-aprendizagem, são fatores que podem levar à ausência de aprendizagem significativa.

Provocar os estudantes a reconhecerem fenômenos químicos em séries de TV é, de certa forma, um mecanismo de diagnóstico da aprendizagem, além de se tornar um valioso instrumento de ensino aprendizagem para demonstração da aplicabilidade prática de conceitos teóricos. Para explorar esse caminho, selecionamos algumas respostas obtidas que, após eliminar replicatas e fazer pequenas correções ortográficas, apresentamos abaixo:

Participante A1: “Sim! Na série *The 100*, onde abordam sobre um gás ou fumaça ácida e corrosiva, onde eles compararam com algumas substâncias químicas.”

Participante B2: “Fabricação da metanfetamina, *Breaking Bad*.”

Participante C3: “Era uma vez que tem bastante química.”

Participante D4: “*The Flash*, que fala de átomos e tal.”

Participante E5: “Sim, laboratórios químicos.”

Participante F6: “Sim, metanfetamina, vapor de iodo.”

Participante G7: “Sim, produção de drogas.”

Participante H8: “*Breaking Bad*, produção de fosfina.”

Participante I9: “*Breaking Bad*, processamento metanfetamina, decomposição do corpo com ácido.”

Participante J10: “*The 100*, o uso da hidrazina, e a chuva ácida.”

Participante K11: “Sim. Em *Flash*, por exemplo. O personagem principal, *Barry Alen* trabalha como cientista forense, além de ser o *Flash*.”

Participante L12: “Sim! *The Big Bang Theory* tem bastante ciência, não só química, aprendi muita coisa com ela e ela me motivava a ser um cientista (os personagens principais são cientistas) *Fullmetal Alchemist* é mais ficção e magia, mas aborda bastante a alquimia como ciência, *Dr. Stone* (melhor anime de todos os tempos!) É um anime basicamente de química, onde um garoto tem que reconstruir a civilização através do conhecimento dele de ciência. Já assisti outras, mas essas são as que mais me marcaram, se eu fosse descrever todas demoraria muito.”

Participante M13: “Sim, a explosão usando pó de térmita, o veneno retirado da mamona, a fabricação de metanfetamina, entre outros.”

Participante N14: “*Breaking Bad*, uso de HF na decomposição óssea, fulminato de mercúrio como explosivo, síntese de metanfetamina.”

Participante O15: “Nos resíduos de alguma cena de crime, *CSI*.”

As respostas revelam que a representação da química nas séries está concentrada em temas de alta dramaticidade (ex.: síntese de drogas, substâncias corrosivas) com *Breaking Bad* dominando as citações tais como aparecem nas respostas dos participantes B2, F6, G7, H8, I9, M13 e N14. Apesar da precisão técnica em algumas produções (ex.: uso de HF, hidrazina), as respostas são simples e identificam superficialmente o fenômeno.

Identificar conteúdos específicos de química em uma série não é uma tarefa simples, especialmente se o telespectador não estiver atento para isso. Alunos do ensino médio possuem o componente de química na sua grade curricular obrigatória. A dificuldade dos alunos em relacionar os conteúdos teóricos ministrados em sala de aula com as séries de TV é uma lacuna no seu processo de aprendizagem, que reflete uma desconexão cultural entre o conhecimento técnico-formal e a realidade prática do aluno.²⁵ Numa concepção mais moderna, já se entende que o processo de aprendizagem envolve uma rede complexa de diferentes atores e fatores atuantes no processo, dos quais não se pode restringir ao ambiente escolar.³¹

O ambiente familiar, experiências sociais, interações informais com o universo social ao seu redor, contato com as tecnologias e a própria televisão através de programas, filmes e séries são poderosas ferramentas que auxiliam na aprendizagem.³²⁻³⁴ Segundo Bachelard,²⁰ a educação científica, mesmo a contemporânea, costuma dissociar o observador da natureza na apresentação de livros muito

bem elaborados e corretos, que ao longo dos tempos foram cuidadosamente copiados fornecendo aos alunos de hoje, uma ciência do século passado, socializada, imóvel, que graças ao sistema de ensino, tal qual está posto, chega a passar como natural, mas muito distante da ciência da rua ou do campo.

Na maioria das respostas não se observa aprofundamento na explanação do conteúdo, apesar de não ter sido solicitado tal aprofundamento. Com exceção da resposta L2, não há evidência textual que os participantes tenham compreendido o fenômeno apresentado na série. O participante L12 afirma ter aprendido com a série *The Big Bang Theory* e descreve com entusiasmo as demais séries que assistiu. A superficialidade identificada nas respostas dos participantes, marcada por generalizações e dificuldade em articular fenômenos químicos com conceitos científicos, revela um desafio central para a aprendizagem significativa):³⁰ a ruptura entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico. Essa dicotomia, analisada por Bachelard,²⁰ em *A Formação do Espírito Científico*, evidencia como os obstáculos epistemológicos (como a “experiência primeira” e o “conhecimento comum”) impedem a construção de um pensamento crítico e racional sobre a ciência.

Nesse pressuposto, o indivíduo que está em fase de aprendizado, não é capaz de transcender às suas concepções de base triviais, o que podemos chamar de opinião, lançando informações de observações básicas que não superam a superficialidade do fenômeno em questão. Além do mais, o indivíduo pode se maravilhar com os resultados do fenômeno, que podem ser deliberadamente pitorescos, nos seus aspectos, com o objetivo de provocar o deslumbre auditivo ou visual e imperceptivelmente, se afastar do espírito científico de uma explicação mais profunda e racional do evento para se prender a uma observação simplista e de conhecimento comum.³⁵

No contexto das séries de TV, isso se manifesta quando os espectadores, especialmente estudantes, limitam-se a descrever fenômenos químicos de forma pictórica (ex.: explosões, fumaça ácida, substâncias perigosas), sem avançar para uma compreensão estrutural. Por exemplo: A metanfetamina em *Breaking Bad* é lembrada por sua dramaticidade, mas raramente associada a conceitos como *pureza óptica* ou *propriedades estereoquímicas*. A hidrazina em *The 100* é citada como “gás perigoso”, sem conexão com sua aplicação em foguetes ou sua termodinâmica.

É muito comum, a indústria cinematográfica utilizar-se de recursos que promovem alterações visuais em cenas que ocorrem reações químicas, com o objetivo de causar um maior impacto visual no telespectador. Grandes explosões, mudanças de cor, reações aceleradas, são artifícios utilizados nas séries de TV para destacar os fenômenos químicos. Numa possível utilização destes recursos como ferramenta didática para o ensino de química, estes aspectos devem ser cuidadosamente aludidos e considerados.

Estes temas serão melhores discutidos nos tópicos seguintes, onde os principais fenômenos químicos identificados pelos participantes foram selecionados e

discutidos. Assuntos como a névoa ácida e a hidrazina apresentada na série *The 100*, a produção da metanfetamina, o uso do ácido fluorídrico (HF) e a produção de uma bateria na série *Breaking Bad*, serão apresentados e discutidos dentro da perspectiva de observação entre a realidade e a ficção e seus impactos no processo de potencialidade para a aprendizagem de química.

3.2. *The 100* e o caso da névoa ácida

The 100 é uma série pós-apocalíptica inspirada na saga literária de *Kass Morgan*. Ela conta a história de 100 jovens jogados na superfície terrestre para analisar as condições de habitação, após sua destruição por bombas atômicas. Ao entrar em contato com a “Nova Terra” eles passam por grandes desafios e conflitos com os “terrestres”, as pessoas que já habitavam a Terra. Entre esses conflitos, um que chama bastante atenção é a utilização de uma arma química por uma das civilizações que habitavam o *Monte Weather*, chamados de homens das montanhas. Essa arma química é chamada de “a névoa” e sua composição não é especificada na série. Os efeitos do contato da pele com a névoa provocam irritações cutâneas graves e complicações respiratórias que levam a uma morte quase instantânea.

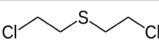
O comportamento físico-químico da névoa ácida nos chamou a atenção e, por isso, resolvemos estudá-la. É um gás denso, fumaça, ou névoa de cor amarela, a depender do personagem que a relata. É capaz de matar pessoas, mas é totalmente inerte às plantas. Seu comportamento é de um fluido denso, mais denso que o ar, e grande velocidade de propagação, o que levanta a questão: seria possível existir alguma substância assim? Segundo uma das personagens, *Raven Reyes*, química, cientista e perita em informática, a névoa ácida seria uma parte concentrada do gás mostarda. Esse gás de fórmula $C_4H_8Cl_2S$, é o que mais se assemelha ao comportamento e efeitos deletérios visto na série.

A fórmula estrutural e algumas propriedades físico-químicas são apresentadas no Quadro 1.³⁶⁻³⁷ Outros gases como o gás *syron* que é corrosivo à pele, ácido sulfúrico (H_2SO_4) que é corrosivo e incolor, mas que em temperatura ambiente é líquido, são diferentes do que é apresentado na série.

O gás mostarda tem esse nome por causa da sua cor e cheiro que se assemelha a mostarda, o que em algumas guerras lhe rendeu o apelido de morte amarela. Seus efeitos colaterais são paralisia, bolhas, queimaduras e efeitos respiratórios como cessação da respiração e secreções nasais, ou seja, um gás amarelo que mata suas vítimas sufocadas e com bolhas na pele.³⁷ A inflamação da mucosa da pele causando bolhas pode ser explicado pelo fato de o gás mostarda ser solúvel em lipídios o que o faz, além de ser absorvido e dissolvido na pele pela gordura, caminhar pela corrente sanguínea da vítima deixando com que a mesma não tenha outro fim senão a morte.

O gás retratado na série, provavelmente seria uma forma impura do sulfeto de bis(2-cloroetil) já que a forma pura é

Quadro 1. Propriedades físico-químicas do gás mostarda

 Gás mostarda	
Nomenclatura IUPAC	Sulfeto de bis(2-cloroetil)
Fórmula Molecular	$C_4H_8Cl_2S$
Massa Molar	159 g/mol
Aparência	Incolor quando puro; Normalmente varia de amarelo claro à marrom escuro; Leve odor de alho
Densidade	1,27 g/ml, líquido
Ponto de Fusão	14,4 °C
Ponto de Ebulição	217 °C
Solubilidade em Água	Desprezível

Fonte: Adaptado da referência 36

incolor, com leve odor de alho e líquida. Além do mais o gás mostarda impuro apresenta em temperatura ambiente (25 °C), um comportamento volátil semelhante ao da série. Sua primeira descoberta ocorreu em 1913 quando o inglês *Hans Thacher Clarke* - por coincidência, *Clarke* é o nome da protagonista da série - derramou um frasco que continha o gás e ao inalar teve de ser hospitalizado. Esse caso chegou aos ouvidos dos alemães que fizeram seu primeiro uso na 1ª guerra mundial. Desde então esse gás é utilizado em guerras no mundo inteiro, mesmo após sua proibição. Por exemplo, na guerra do Irã, em *Halabja* no ano de 1997, ocorreu a morte de mais de 5000 pessoas, sendo a maioria crianças e mulheres.³⁸

O comportamento da névoa pode ser explicado com o fato dessas comunidades estarem em montanhas, permitindo assim que a movimentação do gás, que é denso, fosse propagada para baixo dando a impressão que o gás podia se mover de forma deliberada. Na verdade, por ser mais denso que o ar e está sendo arremessado de uma região alta, ele descia até encontrar o chão. Essa composição impura é que dá a característica pesada, turva e densa podendo ser visualizada a olho nu. Seus efeitos na natureza não são tão negativos se levarmos em conta que nos cenários das guerras da vida real, a vegetação continua florescendo. Por outro lado, não existem registros de uma neblina ácida tão poderosa e mortal como retratada em *The 100*. A neblina ácida descrita na série parece ser uma versão amplificada e exagerada desse fenômeno. A forma como é representada, capaz de causar a morte imediata, não está de acordo com a realidade científica.

O professor pode utilizar este episódio como ponto de partida para discutir diversos conceitos químicos de forma crítica e contextualizada, por exemplo: apresentar a fórmula e a estrutura química do gás sulfeto de bis(2-cloroetil) e sua estrutura molecular; explorar as regras de nomenclatura da IUPAC e as nomenclaturas comuns; levantar questionamentos: “A neblina da série poderia realmente ser tão letal e ácida como mostrado?”, “Que compostos

poderiam causar esse efeito na vida real?”, “Porque os gases apresentados na série não afetam a vegetação local?”, comparar o comportamento dos gases na vegetação da série com os casos reais do uso de agentes químicos em guerras; relacionar as diferentes características físico-químicas dos compostos pesquisados (eg.: solubilidade, densidade) e explorar os efeitos biológicos dos gases lipossolúveis.

É fundamental destacar que séries de ficção científica frequentemente recorrem a licenças criativas para intensificar o drama e o impacto narrativo. No entanto, em vez de apenas apontar imprecisões científicas, o professor pode transformar essas divergências em valiosas oportunidades de aprendizado, estimulando os alunos a analisarem de forma crítica a química subjacente à narrativa. Essa abordagem não só torna o estudo mais envolvente, mas também fortalece habilidades essenciais, como pensamento crítico e a capacidade de transpor conceitos científicos para diferentes contextos.

3.3. *The 100* e o caso da hidrazina

Ainda na série *The 100*, temporada 1, episódio 10, comenta-se sobre a hidrazina que é instável, inflamável em sua forma primária, ou seja, ela reage com o fogo causando uma grande explosão. Após alguns minutos de episódio a personagem *Rave* usa a hidrazina com pólvora para destruir uma ponte, usando o calor gerado por um disparo de arma de fogo para fazer uma grande explosão.

A hidrazina é um composto químico cuja fórmula química é N_2H_4 e é usado como propelente para satélites artificiais, anticorrosivo, matéria prima para fármacos e fertilizantes, entre outras aplicações.³⁹⁻⁴¹ A hidrazina é um líquido com propriedades similares à amônia.⁴⁰ A disposição espacial de seus dois átomos de hidrogênio faz com que a substância seja muito mais reativa que a amônia, como pode ser visto na Figura 2. Essa substância foi utilizada pela primeira vez na segunda guerra mundial pelos alemães.

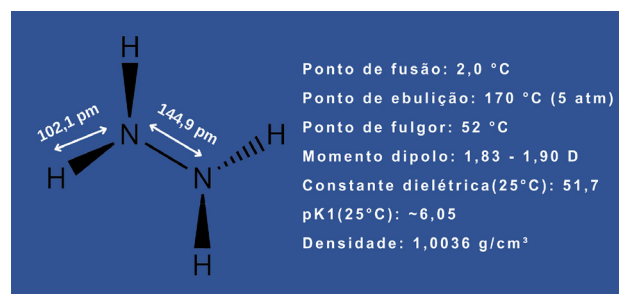


Figura 2. Fórmula estrutural e propriedades físico-químicas da hidrazina (Fonte: Adaptado da referência 40)

Por ser um produto químico altamente tóxico, seu manuseio exige o uso de roupas especiais de proteção. Embora seja verdade que a hidrazina é um combustível poderoso e pode ser perigosa se não for manuseada corretamente, a série exagera seu potencial demasiadamente. Na vida real, a hidrazina é utilizada em sistemas de

propulsão aeroespacial devido à sua eficiência energética, mas seu uso é cuidadosamente controlado e altamente regulamentado devido aos riscos associados.

A representação exagerada da hidrazina em *The 100* como uma substância extremamente volátil e explosiva pode gerar uma percepção equivocada do público sobre esse composto químico. Em especial, o efeito da explosão na ponte, desencadeada por um simples disparo de arma de fogo contra um conteúdo de hidrazina, foi claramente superestimado, o que poderia frustrar as expectativas de quem tentasse reproduzir tal cenário na realidade.

O uso deste episódio do *The 100* como ferramenta pedagógica no ensino de química ganha força justamente no conflito entre a ficção e a realidade, transformando-o em um valioso catalisador para discussões e desenvolvimento de um aprendizado crítico. Ao analisar os conceitos científicos da hidrazina apresentados na série, o professor pode explorar melhor os conceitos científicos validados. Por exemplo: comparar a reação de combustão da hidrazina com a combustão de outros combustíveis (e.g.: hidrogênio, gasolina, álcool) destacando o potencial energético (entalpia) e suas aplicações; questionar as condições em que a hidrazina se torna explosiva (e.g.: ambiente redutor, ambiente oxidante, fonte de ignição); propor comparações com dados científicos, incentivando os alunos a confrontar as licenças artísticas com fatos verificáveis. Nesse processo, os estudantes devem assumir o papel de “investigadores científicos”, examinando criticamente as cenas e identificando o que corresponde ao conhecimento químico estabelecido e o que é exagero ou distorção narrativa. Essa abordagem não só desmistifica conceitos mal representados, mas também estimula o pensamento analítico, mostrando como a ciência funciona na prática, com rigor, evidências e questionamento constante.

3.4. *Breaking Bad*, entre a ficção e a realidade da fabricação de metanfetamina

A série de televisão *Breaking Bad* é amplamente conhecida por sua representação dramática e muitas vezes sombria do mundo do tráfico de drogas e da fabricação de metanfetaminas. É uma das séries que mais fez sucesso no mundo televisivo. É também uma das séries que mais tentou aproximar a ficção da realidade científica. A narrativa segue a jornada de um professor de química, *Walter White*, interpretado por *Bryan Cranston*, que se transforma em um produtor de drogas ilícitas após ser diagnosticado com câncer terminal e seu aluno *Jesse Pinkman*, interpretado por *Aaron Paul*. Embora a série tenha conquistado grande sucesso, é fundamental analisar como ela retrata a fabricação de metanfetamina em relação à realidade, a fim de compreender os riscos, implicações e distorções que podem surgir na convergência entre ficção e mundo real.

A série *Breaking Bad* apresenta uma abordagem detalhada da fabricação de metanfetamina, destacando processos químicos complexos e exigindo uma compreensão

profunda da química orgânica. O personagem de *Bryan Cranston*, professor *Walter White*, é retratado como um gênio químico capaz de sintetizar metanfetamina de alta pureza e qualidade, utilizando métodos e reagentes aparentemente realistas.

Essa representação pode despertar a curiosidade do público sobre os aspectos técnicos da fabricação de drogas e, infelizmente, até influenciar algumas pessoas a buscar informações adicionais sobre o assunto. Embora a série possa ter buscado uma certa autenticidade na representação da química, é importante destacar as divergências entre a ficção e a realidade no contexto da fabricação de metanfetaminas. Na vida real, a produção de metanfetamina é perigosa, ilegal e envolve riscos significativos para a saúde e o ambiente. Na série, por exemplo, *Walter* é metucioso com a segurança pessoal por não dispensar o uso de máscaras com filtro de gases, luvas ou guarda-pó. Ele também reconhece a ilicitude da sua prática, pois desenvolve estratégias para esconder seu laboratório.

Os métodos mostrados na série podem ter sido simplificados ou alterados para evitar a divulgação de informações precisas sobre a fabricação de drogas. Além disso, a série pode minimizar as consequências reais do envolvimento com drogas, como o impacto na saúde física e mental, as consequências legais e a destruição de vidas e famílias.

Uma das preocupações mais sérias em relação à série é a possível glamourização da fabricação e uso de metanfetamina. *Walter* é retratado como um anti-herói, com motivações ambíguas e justificativas complexas para suas ações ilegais. Essa abordagem pode levar o público a simpatizar ou até mesmo torcer pelo personagem principal, o que pode distorcer a percepção da realidade e das consequências éticas e legais envolvidas no tráfico de drogas.

Diante desse desafio, o professor pode adotar uma estratégia crítica e reflexiva para problematizar a representação de *Walter White*, incentivando os alunos a analisarem a série além da narrativa ficcional. A abordagem pode partir da realidade histórico-social dos estudantes, integrando perspectivas multidisciplinares, como sociologia, saúde pública e direito, para ampliar a discussão sobre o impacto real do tráfico de drogas.

Uma proposta eficaz seria confrontar a ficção com dados concretos sobre os danos da metanfetamina, incluindo seus efeitos na saúde pública, no aumento da violência e na desestruturação familiar. Além disso, o debate poderia ser enriquecido com reportagens e depoimentos de dependentes, agentes da lei e profissionais da saúde, evidenciando o contraste entre o glamour televisivo e as consequências reais do crime organizado.

No entanto, para objetivos acadêmicos e puramente químicos, algumas questões são importantes de serem levantadas. O que, de fato, é metanfetamina? É possível produzi-la no grau de pureza mostrada na série? Quais são os efeitos do seu uso?

A metanfetamina é uma substância psicoativa que pertence à classe das anfetaminas. Sua estrutura química é composta por um núcleo anelar benzênico, ligado a uma cadeia alifática e agrupamento amina. A fórmula molecular da metanfetamina é $C_{10}H_{15}N$ e sua estrutura química é mostrada na Figura 3. Seu nome sistemático de acordo com a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) é (S)-N-metil-1-fenilpropano-2-amina.

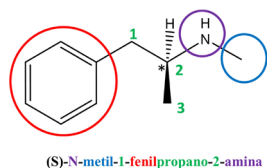


Figura 3. Fórmula estrutural da metanfetamina

A metanfetamina é frequentemente encontrada como um pó branco ou cristais translúcidos e possui dois enantiômeros principais: a dextrometanfetamina (ou simplesmente metanfetamina) e a levometanfetamina. A diferença entre esses isômeros está na disposição espacial dos átomos ao redor do carbono assimétrico (*C), um carbono com quatro substituintes diferentes.

O enredo envolvendo a síntese da metanfetamina pode ser dividido em duas fases. A primeira é a produção da droga em pequena escala com a síntese a partir de reagentes comerciais e medicamentos. Nesta rota sintética, o professor *Walter* e seu aluno *Jesse* utilizam medicamentos que são prescritos para quadros de resfriados para a extração da (S)-pseudoefedrina. Este é o princípio ativo de diversos antialérgicos e descongestionantes, indicados para aliviar sintomas de rinite alérgica e de resfriado comum. Diferentes solventes orgânicos são utilizados em diferentes etapas desse processo. No entanto, o ponto crucial é a obtenção de um diastereoisômero da (R)-efedrina, a partir do isômero puro (S)-pseudoefedrina.³⁴ Este é convertido em (S)-N-metilmetanfetamina por redução com iodo e fósforo vermelho, como é mostrado na Figura 4.

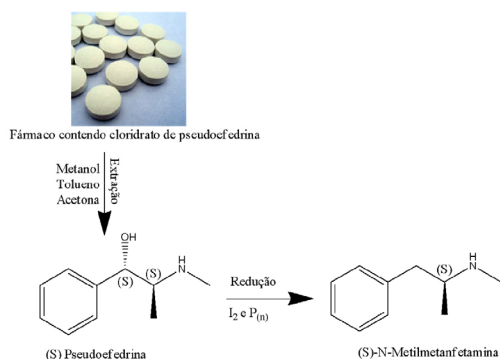


Figura 4. Rota sintética para a produção da metanfetamina a partir de fármacos (Fonte: Adaptado da referência 42)

A rota sintética apresentada na Figura 4 gera um produto de baixa qualidade e um rendimento muito baixo.⁴² As pessoas que produziam a droga desta forma na série eram

chamadas de cozinheiras. Outro problema nesse processo era a dificuldade de obter insumos em quantidade suficiente para uma produção significativa. Graças aos conhecimentos químicos do professor *Walter*, o rendimento da síntese melhorou consideravelmente; no entanto, persistia o desafio de obter fármacos em escala adequada.

A segunda fase está relacionada com a produção da droga em grande escala. É o momento em que o professor *Walter* resolve aumentar a escala de produção da droga e investe numa rota sintética diferente da rota clássica adotada pelos “cozinheiros”. Portanto, *Walter* explora uma rota de síntese com base em metilamina, ácido acético e ácido fenilacético, cuja obtenção, no entanto, traz novos desafios. Esta rota sintética é mostrada na Figura 5.

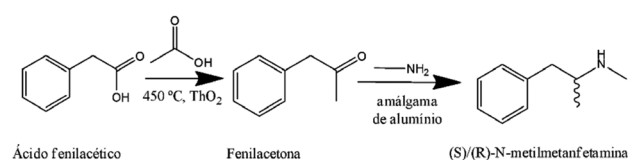


Figura 5. Rota sintética para a produção da metanfetamina com o uso da metilamina (Fonte: Adaptado da referência 42)

A fenilacetona é inicialmente sintetizada pela redução do ácido fenilacético, utilizando ácido acético ou anidrido acético como meio reacional. A reação deve ser catalisada com nitrato de tório ou óxido de tório, em seguida, a fenilacetona passa por uma aminação reductiva, onde a metilamina é introduzida ao processo, e diversos catalisadores podem ser utilizados, tais como a amálgama de alumínio-mercúrio ($AlHg$), cianoborohidreto de sódio ($NaBH_3CN$), hidrogênio e níquel ($H_2/Ni(s)$), amálgama de sódio ($Na(Hg)$) ou o hidreto de alumínio-lítio ($LiAlH_4$).⁴² No entanto, na série, apenas grânulos de alumínio são usados, o que provavelmente não levaria a uma produção eficiente.

É importante observar que o produto resultante é uma mistura racêmica, pois ambas as configurações R e S no carbono 2 são possíveis. A forma como a rota sintética é apresentada na série não indica estereosseletividade. Essa condição poderia ser a chave para garantir a produção de apenas um dos estereoisômeros e explicar o motivo dos cristais do professor *Walter* serem tão puros.

Embora esse tópico não seja abordado na série, é provável que os autores tenham considerado essa possibilidade. Dada a alta pureza dos cristais, nós estamos sugerindo que o professor *Walter*, que se autodenominava o “*Heisenberg*”, tenha conseguido controlar as variáveis do processo de forma a promover a estereosseletividade produzindo os cristais mais puros possíveis. Ele marca seu produto com cristais azuis, o que, neste caso, é mais uma licença poética dos autores da série, uma vez que cristais puros de metanfetamina são brancos ou incolores.

Alguns recortes da série relacionada a produção da metanfetamina seria perfeita para trabalhar conteúdos da química, tais como síntese orgânica, reações químicas, rendimento de produtos, nomenclatura, estereoquímica,

segurança em laboratórios, método científico, etc. A interdisciplinaridade e a transversalidade do tema poderiam contemplar projetos educacionais envolvendo diversos eixos temáticos, tais como sociedade e saúde, finanças, sexo e drogas, etc.

O consumo de metanfetamina causa uma série de efeitos deletérios à saúde. Por ser uma droga estimulante do sistema nervoso central, ela aumenta a atividade de neurotransmissores no cérebro, como a dopamina, a norepinefrina e a serotonina.⁴³ Esses neurotransmissores estão envolvidos no controle do humor, da energia, da atenção e da sensação de prazer. O seu uso pode provocar de forma imediata a euforia intensa, aumento da energia e alerta, supressão do apetite, hiperatividade, comportamento impulsivo, aumento da frequência cardíaca e pressão arterial, dilatação das pupilas, sensação de poder mental e físico aumentado.⁴⁴

Efeitos a curto prazo produzem irritabilidade, agitação, paranóia, comportamento agressivo e impulsivo, distúrbios do sono, alucinações táteis (sensação de insetos rastejando na pele), perda de peso significativa, prejuízo da função cognitiva e do julgamento. Efeitos a longo prazo estão relacionados com a dependência física e psicológica, danos cerebrais e prejuízo cognitivo persistente, problemas cardiovasculares, distúrbios do sono crônicos, ansiedade grave e depressão, deterioração física, como problemas dentários (conhecidos como “boca de metanfetamina”), risco aumentado de psicose, incluindo comportamentos violentos.⁴⁵

Todos esses efeitos podem ser observados ao longo da trama, seja por personagens coadjuvantes ou até mesmo por *Jesse Pinkman*, que também era usuário. Embora os impactos sociais relacionados à família e aos amigos não sejam abordados aqui em detalhes, a série oferece uma visão abrangente das questões sociais relacionadas ao abuso de drogas e suas ramificações.

3.5. *Breaking Bad* e o caso da decomposição de um cadáver com ácido fluorídrico

A jornada do Professor *Walter White* e do seu aluno *Jesse Pinkman* pelo mundo da produção e tráfico de drogas os expuseram em muitas situações de riscos. O *Walter* sempre era a mente brilhante por trás das soluções necessárias às condições adversas. Em um momento da trama, os dois se envolvem em algumas confusões com traficantes, um desses casos ocorre no episódio 2 na temporada 1, onde eles matam um traficante e precisam eliminar o corpo. Para isso, *Walter* sugere a *Jesse* a realização da decomposição química empregando o ácido fluorídrico (HF).

A princípio, a escolha do ácido fluorídrico para a digestão do corpo não foi a melhor opção, pois trata-se de um ácido fraco parcialmente ionizado em solução aquosa, $pK_a = 3,19$. O ácido fluorídrico é um hidrácido que realiza uma ligação covalente entre o átomo de hidrogênio (H) e flúor (F), como pode ser observado na Figura 6.

H-F

Figura 6. Fórmula estrutural do ácido fluorídrico

Os danos gerados em contato com o HF dependem da sua concentração. Uma solução diluída pode penetrar melhor a barreira da pele e se difundir nos tecidos moles locais, ocasionando lesões. Na forma concentrada, provoca lesão cutânea cáustica, devido à sua acidez, e lesiona os tecidos moles subjacentes, em função da penetração do íon fluoreto. O íon fluoreto reage com o cálcio e com o magnésio presentes no corpo, formando complexos com cátions bivalentes, o fluoreto de cálcio (CaF_2) e o fluoreto de magnésio (MgF_2) insolúveis.⁴⁶ A remoção do cálcio e magnésio resulta em hipocalcemia e hipomagnesemia locais, que podem causar disfunção e morte celular.

Por ser altamente reativo, apresenta capacidade corrosiva diante de metais, metais alcalinos, vidros, concreto, borracha e couro. Por isso o seu armazenamento deve ser feito empregando embalagens de materiais sintéticos como polietileno (PE) ou politetrafluoretileno (Teflon). A Equação 1 mostra a reação do ácido fluorídrico com o óxido de silício, que é a base de muitos materiais cerâmicos, cimentícios, vidro, etc.



Foi com base neste conhecimento que o professor *Walter* solicitou ao seu aluno, *Jesse*, que providenciasse um recipiente de polietileno grande o suficiente para realizar a decomposição do cadáver. Não encontrando o recipiente, *Jesse*, colocou o corpo numa banheira de cerâmica e adicionou o ácido fluorídrico, após algumas horas, *Walter* e *Jesse* presenciaram o efeito catastrófico do HF.

Em condições ambientes (25 °C) e na forma pura, o ácido fluorídrico (HF) é um gás incolor. Mesmo em meio aquoso, *Jesse* teria morrido por não utilizar os equipamentos de segurança adequados para manuseio do ácido. Seu ponto de ebulição é próximo a 20 °C (sob pressão normal). Além do mais, ainda que a cerâmica possua em sua composição, elementos químicos metálicos ferrosos e não-ferrosos, como, por exemplo, o alumínio (Al), que pode reagir com o HF, não seria possível acontecer o derretimento da banheira e do teto em tão pouco tempo, como ocorreu no episódio. Além do mais, como a decomposição foi promovida em sistema aberto, era muito provável que o ácido fluorídrico evaporasse, reduzindo à sua concentração ativa após o contato com a matéria orgânica, sendo necessário a reposição constante até a completa digestão.

A série não explica claramente por que o professor *Walter* escolheu o ácido fluorídrico para desintegrar o corpo. É provável que os autores tenham optado por esse composto devido à sua capacidade de dissolver cerâmicas e gerar impacto dramático. Contudo, na prática, uma decomposição completa do corpo seria viável com misturas de outros ácidos, desde que selecionados pelas propriedades adequadas.

Diversos procedimentos para abertura de amostras com alta carga orgânica são descritos na literatura. É muito comum o uso do ácido sulfúrico concentrado associado a outros agentes oxidantes tais como o ácido nítrico (HNO_3) ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Uma mistura típica faz uso de 3 partes de ácido sulfúrico concentrado e 1 parte de solução de peróxido de hidrogênio a 30% em peso. Essa mistura leva o nome de solução piranha em função da sua alta capacidade de consumir a matéria orgânica.

Um procedimento baseado no método *Kjeldahl* para determinação de proteína bruta preconiza a utilização de ácido sulfúrico concentrado em aquecimento até $370\text{ }^\circ\text{C}$ e catalisador misto de sulfato de cobre e sulfato de sódio (CuSO_4 e Na_2SO_4).⁴⁷ Os procedimentos de digestão para determinação de metais em material biológico recomendam o uso de ácido nítrico (HNO_3) para tais casos.

O ácido fluorídrico geralmente só é recomendado quando a matriz a ser decomposta apresenta materiais de difícil digestão, tal como silicatos. O uso de ácidos para decomposição orgânica não é a única via possível. Há também a possibilidade do uso de solubilização alcalina. O hidróxido de tetrametilamônio (TMAH) é empregado, por exemplo, para a solubilização de matrizes complexas como alternativa à digestão convencional na determinação de compostos inorgânicos, pois solubiliza facilmente a matéria orgânica e gorduras. Seu uso vem sendo empregado no tratamento de várias amostras, como biodiesel, leite em pó, frutos do mar, tecidos de peixe e muitos outros tecidos animais.⁴⁸

Desta forma, não resta dúvidas que haveria diversas outras formas mais eficientes para alcançar o objetivo do professor *Walter e Jesse*. A análise que fazemos, em função da notória genialidade do professor, é que a eficiência da metodologia de decomposição adotada pela produção da série foi sacrificada pela necessidade de se produzir uma cena impactante e de efeito, visto que, na teoria, a decomposição da banheira e do teto de madeira seria possível, mas na prática pouco eficiente.

Nessa perspectiva, o professor pode explorar diversos conteúdos químicos a partir das cenas envolvendo o ácido fluorídrico (HF). É possível abordar desde conceitos fundamentais, como a força dos ácidos (diferenciando ácidos fracos, como o HF, de ácidos fortes, como o HCl), até aspectos mais complexos, como a reatividade (ação oxidante, capacidade de formar complexos e corrosão de materiais). Além disso, as aplicações do ácido fluorídrico no cotidiano e na indústria química como seu uso na produção de fluorocarbonetos, no tratamento de vidros e até em processos de refino de petróleo podem enriquecer a discussão. Essa contextualização ajuda a demonstrar a relevância do tema, aproximando a teoria da realidade dos alunos.

A análise pode evoluir para questões mais específicas, como a motivação do professor *White* em utilizar o HF em vez de outros ácidos. Seria por sua capacidade de corroer vidro? Por sua toxicidade? Ou por sua ação menos violenta

em tecidos orgânicos, criando um efeito dramático mais prolongado? As questões legais na aquisição comercial do ácido fluorídrico também podem ser abordadas. Quais são os produtos de uso restrito e as normas vigentes na política de compra e consumo de produtos controlados pela Polícia Federal e Exército no Brasil? Quais as normas vigentes nos EUA, país onde desenrola o enredo da série?

Esses questionamentos permitem explorar as propriedades químicas e toxicológicas do HF, comparando-o com outros ácidos comuns (como o sulfúrico ou o nítrico), e destacando aspectos como volatilidade, penetração tecidual e neutralização. Sem dúvida, essa abordagem não só fixa conceitos essenciais da química de ácidos, mas também estimula o pensamento crítico, relacionando a ficção com a ciência de forma engajadora.

3.6. *Breaking Bad* e a pilha de mercúrio

No episódio 9 da 2ª temporada da série *Breaking Bad*, os personagens *Walter* e *Jesse* vão produzir metanfetamina em um *trailer* no deserto. O *Jesse* deixa a chave na ignição e a bateria do veículo descarrega. Para sair dessa situação *Walter* decide construir uma pilha de mercúrio e zinco em meio alcalino com alguns materiais que encontraram no veículo.⁴⁹

A pilha, que também é denominada de célula galvânica ou bateria, é um dispositivo eletroquímico no qual os elétrons fluem espontaneamente do eletrodo de oxidação (ânodo) para o eletrodo de redução (cátodo) gerando uma corrente elétrica capaz de fornecer energia para diversos equipamentos. Nesse dispositivo, os eletrodos que são materiais com alta capacidade de condução de corrente elétrica, devem estar em contato com uma solução eletrolítica, ou seja, solução rica em íons. Além disso, o cátodo, eletrodo positivo, deve ser conectado ao ânodo, eletrodo negativo, por um fio condutor para garantir o fluxo da corrente elétrica e por uma ponte salina ou parede porosa, para manter o equilíbrio de cargas entre os eletrodos através da migração dos íons. A Figura 7 mostra a representação esquemática de uma pilha eletroquímica.

Nessa série a pilha foi construída com as seguintes características: Eletrodo positivo (Cátodo): óxido de

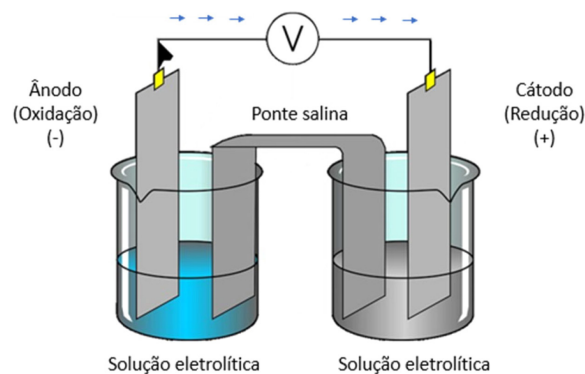
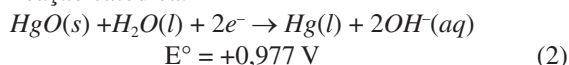


Figura 7. Representação esquemática de uma pilha eletroquímica (Fonte: Adaptado do site: conhecimentocientifico.r7.com/fisicaequimica/page/15/)

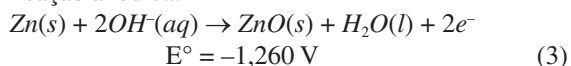
mercúrio (HgO) e grafite que foram retirados das pastilhas de freio. O óxido de mercúrio não é um condutor assim, o grafite foi misturado a ele para ampliar a condutividade do eletrodo.⁵⁰ Eletrodo negativo (Ânodo): Zinco (Zn), obtido de moedas, parafusos e materiais galvanizados, que são materiais que utilizam o zinco como um metal de sacrifício, ou seja, metal que oxida preferencialmente a outros metais.⁵¹ O fio de cobre foi utilizado para conectar os dois eletrodos e possibilitar a condução da corrente elétrica. A solução eletrolítica usada foi o hidróxido de potássio (KOH) e a ponte salina foi providenciada na forma de parede porosa com a utilização de esponjas.

O personagem *Walter* percebe que só tem material para fazer seis pilhas. A questão leva à seguinte pergunta: Isso vai gerar energia suficiente para dar a partida no *trailer*? Para responder essa pergunta será necessário avaliar os potenciais de redução do mercúrio e zinco em meio alcalino, mostrados nas equações 2 e 3, respectivamente:

Semirreação catódica:

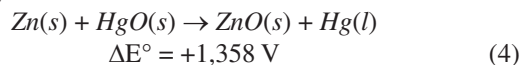


Semirreação anódica:



O potencial de redução (E°) é a capacidade que um eletrodo possui de reduzir, ou seja, de ganhar elétrons. Como o óxido de mercúrio apresenta o maior potencial de redução, ele se reduz e o zinco será a espécie que oxida. A voltagem da pilha (ΔE°) pode ser obtida pela diferença entre o potencial do eletrodo de redução e o potencial do eletrodo de oxidação, ou seja, o potencial de redução do mercúrio menos o potencial de redução do zinco. A reação global é mostrada na equação 4.

Reação global:



A voltagem gerada em cada uma das células é de $\approx +1,36 \text{ V}$, como os personagens montaram 6 células em série, a voltagem total gerada é a soma das voltagens individuais, ou seja $+8,16 \text{ V}$.

As baterias comumente utilizadas em veículos são de 12 V .⁵² Como a bateria produzida pelos personagens possui voltagem inferior a 12 V , esta seria incapaz de fornecer a corrente necessária para ligar o motor do *trailer*.

Várias teorias têm circulado pela internet para justificar o fato do professor *Walter* e seu aluno terem conseguido ligar o *trailer*. Uma dessas teorias seria que o *trailer* poderia ter duas baterias de 6 V onde apenas uma teria descarregado. No entanto, nossa crítica se volta para o fato da possibilidade que os autores da série tinham em providenciar uma cena mais factível com a realidade. Isso seria possível apenas ajustando o número de células produzidas.

A composição dos materiais utilizados na produção da pilha é discutível, mas seria melhor justificado, ou seja, não há garantias que realmente exista o HgO nas pastilhas de freios, os parafusos e porcas poderiam ser de aço ou alumínio e não poderíamos discutir a presença ou não da galvanização. Por outro lado, com o número limitado a apenas 6 células galvânicas temos todas as evidências de que a pilha não funcionaria na prática. Mas como a ficção não tem compromisso com a realidade, a discussão de como eles conseguiram ligar o *trailer* foge do escopo científico e se prende apenas na trama da série.

A problemática envolvendo a construção das pilhas pelo personagem *White* é uma excelente oportunidade para abordar conceitos fundamentais de eletroquímica em sala de aula. O professor pode explorar desde a escolha dos materiais utilizados na montagem das células até a análise dos resultados obtidos, incentivando os alunos a validarem teoricamente os fenômenos observados.

Ao discutir os componentes das pilhas, é possível introduzir conceitos como:

- Potenciais padrão de eletrodo – Por que *White* escolhe determinados metais? Como a diferença de potencial influencia a eficiência da pilha?
- Semi-reações de oxirredução – Quais são as equações balanceadas envolvidas no processo? Como a transferência de elétrons ocorre na prática?
- Eficiência e limitações – Quais fatores (concentração, temperatura, resistência interna) poderiam afetar o funcionamento da pilha construída?

Além disso, o professor pode contextualizar a aplicação desses conceitos no cotidiano, comparando as pilhas improvisadas por *White* com baterias comerciais (como as de lítio ou zinco-carbono). Essa abordagem não só reforça o conteúdo teórico, mas também estimula o pensamento crítico, questionando: “Essa montagem seria viável na realidade? Quais ajustes seriam necessários?” O professor poderia replicar o experimento nas condições próximas às da série. Dessa forma, a eletroquímica deixa de ser um tema abstrato e passa a ser vista como uma ferramenta para entender tanto a ficção quanto a realidade tecnológica.

3.7. As séries de TV e o ensino de química numa abordagem prática

O ensino de química deve, em sua essência, promover uma educação voltada para a compreensão da realidade por meio da integração entre teoria e prática.⁵³ Nesse contexto, as séries de TV surgem como uma ferramenta metodológica eficaz, pois capturam o interesse dos estudantes e facilitam a conexão entre conceitos abstratos e fenômenos cotidianos. Muitos alunos enfrentam dificuldades em perceber a relevância da química em suas vidas, e uma abordagem que utilize narrativas televisivas pode tornar o aprendizado mais significativo. Ao observar como os processos químicos são representados, mesmo que ficcionalmente, os estudantes

desenvolvem uma compreensão mais sólida e crítica da disciplina.

Embora as séries não tenham finalidade pedagógica, elas possuem um potencial educativo inegável. Produções como *Breaking Bad* (que explora síntese orgânica e toxicologia) e *The 100* (com sua abordagem de radioatividade e sobrevivência pós-apocalíptica) apresentam conceitos químicos de forma envolvente, despertando curiosidade e facilitando a discussão em sala de aula. A grande vantagem desse recurso é a contextualização: em vez de limitar-se a fórmulas e equações abstratas, o aluno vê a química aplicada em situações dramáticas, ainda que fictícias, o que estimula o raciocínio analítico.

No entanto, é crucial adotar uma postura crítica. As séries frequentemente priorizam o entretenimento em detrimento da precisão científica, distorcendo fenômenos para criar tensão narrativa (ex.: explosões irreais, tempos de reação exagerados). Aqui, o papel do professor é fundamental: ao selecionar cenas para análise, ele deve contrastar a ficção com a realidade, destacando licenças artísticas e corrigindo equívocos. Essa mediação transforma as limitações das séries em oportunidades de debate, reforçando o método científico.

Além disso, a estrutura episódica das séries permite uma abordagem fragmentada dos conceitos, em que um fenômeno complexo (como a corrosão de metais ou a combustão) pode ser desmembrado em etapas e discutido ao longo de aulas. Essa estratégia alinha-se ao método analítico de ensino, no qual o todo é examinado em suas partes constitutivas.

4. Considerações Finais

Os resultados deste estudo evidenciam a complexa relação entre as representações da química nas séries de TV e seu entendimento pelo público. A análise das percepções dos participantes revelou que, embora muitos consumam conteúdos audiovisuais com temáticas químicas, menos de 10% conseguiram identificar princípios científicos envolvidos, um dado que expõe a desconexão entre o conhecimento formal e sua aplicação prática. Essas descobertas reforçam a necessidade promover uma educação científica crítica, que não apenas ensine, mas que capacite o estudante a discernir entre ficção e realidade, levando-o a compreender os princípios científicos subjacentes às representações midiáticas. Além disso, é fundamental aprimorar o ensino da química nas escolas, tornando-o mais relevante, agradável e aplicável à vida cotidiana dos alunos. Isso pode ser alcançado por meio da integração de exemplos reais e contextualizados nas aulas, bem como da discussão crítica sobre as representações da química na mídia. Ao desvendar como a química é apresentada nas séries, este estudo não apenas alerta para os riscos do aprendizado passivo, mas também abre caminho para novas estratégias de ensino que usam a mídia como ponte entre o abstrato e o tangível.

Agradecimentos

Ao Grupo de Estudos em Química – GEQUIM do IFBaiano Campus Santa Inês, PROEX, PROPES e FAPESB.

Referências Bibliográficas

1. Todorov, V.; Petkova, K.; Bauer, M. W.; In search of the universal dimensions of public perception of science. *Science, Technology and Society* **2009**, *14*, 331. [Crossref]
2. Mortimer, E. F.; Machado, A. H.; A Linguagem em uma Aula de Ciências. *Presença Pedagógica* **1996**, *2*, 49.
3. Lorenzetti, L.; Delizoicov, D.; Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)* **2001**, *3*, 45. [Crossref]
4. Carvalho, A. M. P.; Tinoco, S. C.; *O ensino de ciências como enculturação. Formação e autoformação: saberes e práticas nas experiências dos professores*, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2006.
5. Díaz, J. A. A.; Alonso, A. V.; Mas, M. A. M.; Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2003**, *2*, 80. [Link]
6. Bybee, R.W.; Achieving Scientific Literacy, *The Science Teacher* **1995**, *62*, 28.
7. Chassot, A.; Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação* **2003**, *22*, 157. [Crossref]
8. Soares, M.; *Letramento: Um Tema em Três Gêneros*, 3a. ed., Autêntica: Belo Horizonte, 1998.
9. Santos, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação* **2007**, *12*, 474. [Crossref]
10. Saviani, D.; *A Lei da Educação: LDB: Trajetória, Limites e Perspectivas*, 13a. ed., Autores Associados: São Paulo, 2019.
11. Fourez, G.; Crise no ensino de ciências? *Investigações Em Ensino De Ciências* **2016**, *8*, 109. [Link]
12. Eu nas séries: Estudo séries para Globo. Disponível em: <<https://gente.globo.com/estudo-eu-nas-series/>>. Acesso em: 21 julho 2025.
13. Morán, J. M.; O vídeo na sala de aula. *Comunicação & Educação* **1995**, *2*, 27. [Crossref]
14. Rosa, P. R. da S.; O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **2000**, *17*, 33. [Link]
15. Locatelli, A.; Macuglia, U.; As séries de TV como ferramenta pedagógica no ensino de Química. *Revista Thema* **2018**, *15*, 1294. [Crossref]
16. Grossklaus, S. T.; Lubyi, A.; Da Silva, D. A. C.; De Moraes, B. G.; Nakalski, E.; Borille, J. M.; Machado, C. J.; Silveira, R. M. C. F.; A abrangência das séries televisivas no ensino de ciências e/ou biologia: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Contemporânea* **2023**, *3*, 3407. [Crossref]
17. Ribeiro, T.; Vieira, M.; Pereira, A.; Design de personagens para

- séries de TV animadas: uma revisão integrativa. *DAPesquisa* **2017**, *12*, 44. [Crossref]
18. Piassi, L. P.; Pietrocola, M.; Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de encontrar erros em filmes. *Educação e pesquisa* **2009**, *35*, 525. [Crossref]
 19. Astolfi, J. P.; O erro é uma mídia para aprender. Díada Editora: Sevilla, 1999.
 20. Bachelard, G.; *A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento*. Contraponto: Rio de Janeiro, 1996. [Link]
 21. Dias Filho, C. R.; Antedomenico, E.; A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. *Química Nova na Escola* **2010**, *32*, 67. [Link]
 22. Rocha, M. T. L.; Donato Junior, G. F. A.; Oliveira Junior, G. I.; Messeder, J. C.; Sugestão de abordagem para o ensino de ciências: o uso de um seriado de TV. *Revista Ciências & Ideias* **2010**, *2*, 1. [Link]
 23. Da Silva, P. S.; Da Rosa, M. F.; Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **2013**, *6*, 3. [Link]
 24. Tenório, T.; De Melo Leite, R.; Tenório, A.; Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências: Uma proposta educacional. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2014**, *13*, 73. [Link]
 25. Locatelli, A.; Macuglia, U.; As séries de TV como ferramenta pedagógica no ensino de Química. *Revista Thema* **2018**, *15*, 1294. [Crossref]
 26. Sousa, L. A.; Oliveira, P. F.; Sales, G. P.; Análise do anime Dr. Stone como recurso didático no ensino de Química. In: *Congresso Nacional de Educação* **2021**, *1*. [Link]
 27. De Castro, B. G.; De Assis, L. M.; Pimentel, R. D. P.; Química dos Super Heróis: a utilização de uma unidade de ensino potencialmente significativa com séries de tv no ensino de radioatividade. *Experiências Em Ensino de Ciências* **2021**, *16*, 720. [Link]
 28. Tozoni-Reis, M. F. C.; *Metodologia da Pesquisa*. 2a. ed. IESDE Brasil S.A.: Curitiba, 2009.
 29. Moraes, R.; Galiuzzi, M. C.; Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação* **2006**, *12*, 117. [Crossref]
 30. Ausubel, D. P.; *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston: New York, 1968.
 31. Souza, J. I. R.; Leite, B. S.; Use of TV series in chemistry teaching. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 749. [Link]
 32. Souza, J. I. R. de; Leite, B. S.; A química nas séries de TV: um recurso para promover a aprendizagem tangencial de Portnow e Floyd no Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências* **2017**, *12*, 34. [Link]
 33. Milanick, M. A.; Prewitt, R. L.; Fact or fiction? general chemistry helps students determine the legitimacy of television program situations. *Journal of Chemical Education* **2013**, *90*, 904. [Crossref]
 34. Stefanucci, A.; Mollica, A.; “Breaking bad” Television series explained to students. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* **2018**, *52*, 342. [Crossref]
 35. Polato Gomes, H. J.; Oliveira, O. B.; Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. *Ciências & Cognição* **2007**, *12*, 96. [Link]
 36. Holland, R.; Mustard gas. Disponível em: <<https://www.chm.bris.ac.uk/motm/mustard/mustard2.htm>>. Acesso em: 01 janeiro 2025.
 37. Paula B. M. A.; Gás mostarda, C₄H₈Cl₂S. Disponível em: <https://qnint.sbg.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=bgnymxUjoxaDmfHDxSyHImuasIfx1jBqQzB6VqscWAe4UIo9chXhN4RF5TW5GkeOMZd_Szjk0TX1Npro5zXA-w>. Acesso em: 01 janeiro 2025.
 38. ISTOÉ. Disponível em: <<https://istoe.com.br/ataque-quimico-iraquiano-que-matou-5-000-curdos-ha-30-anos-assombra-halabja>>. Acesso em 01 de janeiro de 2025.
 39. Vieira, R.; Pham-Huu, C.; Keller, N.; Ledoux, M. J.; Novos materiais à base de nanofibras de carbono como suporte de catalisador na decomposição da hidrazina. *Química Nova* **2003**, *26*, 665. [Crossref]
 40. Oliveira, V. G.; De Oliveira, P. H. R.; Tolentino, N. M. C.; Hydrazine (CAS 302-01-2). *Revista Virtual de Química* **2015**, *7*, 1570. [Crossref]
 41. Hidrazina, N₂H₄. *Química Nova Interativa*. Disponível em: <https://qnint.sbg.org.br/novo/index.php?hash=molecula_456>. Acesso em: 01 janeiro 2025.
 42. Harnisch, F.; Salthammer, T.; Ein Chemiker als Serienprotagonist: Die Chemie bei Breaking Bad. *Chemie in Unserer Zeit* **2013**, *47*, 214. [Crossref]
 43. Muakad, I.; Amphetamines and Derivate Drugs. **2013**, *108*, 545. [Link]
 44. Marcon, C., da Silva, L. A. M., de Moraes, C. M. B., Martins, J. S., & Carpes, A. D.; Uso de anfetaminas e substâncias relacionadas na sociedade contemporânea. *Disciplinarum Scientia* **2012**, *13*, 247.
 45. Pavão, B. S. P. M.; *Dissertação de Mestrado*, Egas Moniz School of Health and Science, 2023. [Link]
 46. Bajraktarova-Valjakova, E.; Korunoska-Stevkovska, V.; Georgieva, S.; Ivanovski, K.; Bajraktarova-Misevska, C.; Mijoska, A.; Grozdanov, A.; Hydrofluric acid: Protective Measures, Immediate and Hospital Medical Treatment. *Access Macedonian Journal of Medical Sciences* **2018**, *6*, 2257. [Link]
 47. Silva, D. J.; Queiroz, A. C.; *Análise de Alimentos*, 3a. ed., Editora UFV: Minas Gerais, 2009.
 48. Silva, D. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017. [Link]
 49. Costa, R.; Criação de uma pilha em Breaking Bad. YouTube, 2021. [Link]
 50. Damas, G. B.; Bertoldo, B.; Costa, L. T.; Mercury: From antiquity to nowadays. *Revista Virtual de Química* **2014**, *6*, 1010. [Crossref]
 51. Shibli, S. M. A.; Meena, B. N.; Remya, R.; A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process. *Surface and Coatings Technology* **2015**, *262*, 210. [Crossref]
 52. Reddy, T. B.; *Linden's Handbook of Batteries*. McGraw-Hill Education: New York, 2002.
 53. Costa, T. P. A.; Nogueira, C. S. M.; Cruz, A. F.; As atividades práticas no ensino de ciências: limites e possibilidades sobre o uso desse recurso didático no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Macambira* **2020**, *4*, e042006. [Crossref]