Revista Virtual de Química

Educação

Rev. Virtual Quim. **2026**, *18(6)*, 950-964 – http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20260058

©2026 Sociedade Brasileira de Química

Elaboração e Avaliação de uma História em Quadrinhos para o Ensino de Radioatividade: Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa

Development and Evaluation of a Comic Story for the Teaching of Radioactivity: Radio Girls and the Radioactive Painting

Rita de Cassia A. Silva,[a] Karen C. Weber,[a] Cristiani V. B. Grisi,[a] Andrei S. M. Rodriguez,[a] Claudio G. Lima-Junior [a,*]

[a] Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Departamento de Química, CEP 58051-900, João Pessoa-PB, Brasil

***E-mail:** claudio@quimica.ufpb.br

Submissão: 27 de Outubro de 2025 – **Aceite:** 15 de Agosto de 2026 – **Publicado online:** 26 de Agosto de 2026

Editor Responsável: Márlon H. F. B. Soares

This article describes the development and evaluation of the comic book "The Radium Girls and the Radioactive Paint" as a complementary resource for teaching radioactivity in high school. The comic integrates narrative, visual, and historical elements to contextualize scientific concepts related to radiation, including its characteristics, applications, and the social consequences of radium use in the early 20th century. Centered on the story of the "radium girls," factory workers who were exposed to radium in unsafe conditions, the narrative encourages critical reflection on the ethical dimensions of science and technology. The material was evaluated by high school teachers through qualitative analysis of their perceptions regarding conceptual accuracy, contextualization, and pedagogical value. The results revealed positive reception, highlighting the comic's engaging and accessible language, playful approach, and ability to sustain scientific rigor while enhancing student motivation. Teachers emphasized its potential to foster meaningful learning and stimulate curiosity about chemistry. Overall, the study concludes that the comic is a promising educational tool for addressing complex scientific themes, such as radioactivity, and can be effectively applied in both formal classroom settings and informal educational environments. Future research should assess its direct impact on students' conceptual understanding and engagement.

Keywords: Radioactivity teaching; comics; science education.

1. Introdução

A compreensão das implicações sociais do conhecimento científico é essencial para a formação de cidadãos críticos e capazes de tomar decisões informadas sobre questões que impactam a sociedade, a exemplo do uso da radioatividade na medicina, na indústria e na geração de energia. No ensino de química, abordar esses temas exige estratégias que ultrapassem a mera transmissão de conceitos, promovendo a reflexão sobre os aspectos históricos, econômicos e ambientais da Ciência.

Na busca por estratégias didáticas inovadoras, as histórias em quadrinhos (HQs) têm se mostrado um material pedagógico importante no ensino de ciências, especialmente da química, pois permitem aliar elementos visuais e narrativos que facilitam a compreensão de conceitos abstratos. Ao combinar ilustrações, diálogos e enredos envolventes, as HQs podem tornar o aprendizado mais acessível e motivador, favorecendo a contextualização dos conteúdos e estimulando a curiosidade dos estudantes.[1]

As potencialidades das HQs no contexto educacional, nos níveis básico e superior, foram investigadas por diversos autores. No âmbito da ludicidade, alguns estudos constatam que as HQs favorecem a apropriação dos conceitos científicos de maneira lúdica e motivadora,[2] são bem aceitas por proporcionarem diferentes contextos de aprendizagem, com uso de tecnologias,[3] assim como são consideradas um veículo de leitura agradável, com linguagem simples, capaz de promover o interesse pelo conteúdo escolar.[4]

Aquino *et al.*[5] destacam a utilização das HQs como uma abordagem de caráter multidisciplinar que tem potencial de incentivo à leitura. Além disso, como as HQs se estruturam por meio de personagens, narrativas e conflitos que favorecem a identificação do leitor, podem proporcionar envolvimento emocional e autorreferência, aspectos que também podem contribuir para a aprendizagem.[6] As HQs fazem parte do dia a dia da maioria dos alunos desde a fase infantil, sendo que eles as vinculam a experiências agradáveis. Essas narrativas gráficas constituem um meio de comunicação amplamente acessível, com um formato que

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.

se beneficia de ampla disseminação.[7] Isso ocorre, pois, as HQs apresentam elementos lúdicos e uma linguagem que associa de maneira familiar a imagem e o texto, atendendo às expectativas dos alunos acostumados às informações audiovisuais.[8]

Embora as histórias em quadrinhos apresentem potencial para favorecer a contextualização de conceitos científicos, estimular o interesse dos estudantes e diversificar estratégias de ensino, sua utilização, de forma isolada, não garante a aprendizagem. A contribuição pedagógica desse recurso depende de fatores como o planejamento da sequência didática, a mediação do professor, a adequação da linguagem ao público-alvo e a articulação com os objetivos de aprendizagem. Assim, as HQs devem ser compreendidas como recursos didáticos, cuja efetividade está diretamente relacionada à estratégia pedagógica em que são inseridas.[3,9,10]

Diante dessa perspectiva, a HQ "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa", cujo processo de criação é aqui apresentado, constitui uma narrativa promissora para abordar conceitos de radioatividade e história da química, explorando o entusiasmo do início do século XX pelo uso de produtos radioativos, então considerados inofensivos e benéficos.[11] Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial dessa HQ como recurso didático complementar no ensino de radioatividade. Para isso, busca-se avaliar a receptividade dos docentes em relação à proposta e analisar de que forma a narrativa pode contribuir para a compreensão dos conceitos científicos envolvidos, bem como para a problematização das implicações históricas e sociais da radioatividade.

2. Experimental

2.1. Classificação da pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza descritiva, voltada ao desenvolvimento e à avaliação de uma história em quadrinhos como recurso didático para o ensino de radioatividade.[12] A produção dos dados ocorreu por meio de um questionário contendo questões abertas e fechadas, aplicado a professores de Química do ensino médio. As respostas discursivas foram analisadas por meio da Análise de Conteúdo proposta por Bardin,[13] enquanto as respostas objetivas foram organizadas por meio de estatística descritiva, utilizando frequências absolutas e relativas.

2.2. Etapas da elaboração da história em quadrinhos para o ensino de radioatividade

A HQ foi desenvolvida em três fases distintas: coleta e avaliação de informações; elaboração e documentação; e desenvolvimento. Cada fase, com suas etapas e explicações correspondentes, é apresentada na Tabela 1.

2.3. Descrição da HQ

A história em quadrinhos intitulada "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" adota um formato de orientação paisagem, com dimensões de 32 x 11 cm, como ilustrado na Figura 1. Composto por 26 páginas, o material apresenta uma estrutura organizada, incluindo capa, introdução, informações sobre os autores, título, desenvolvimento da narrativa e referências.

Inspirada na trajetória das garotas do rádio, a HQ apresenta o protagonista Bernardo, um adolescente movido pela curiosidade acerca da radioatividade, e seu pai, um professor de química disposto a esclarecer suas dúvidas. A trama se desenrola quando Bernardo, após assistir ao filme de Oppenheimer, solicita ao pai uma explicação sobre a radioatividade. O pai não apenas discorre sobre os conceitos envolvidos, mas também ilustra a narrativa a partir da história das garotas do rádio, destacando que este episódio não é tão amplamente reconhecido comparado a eventos famosos, como o acidente com o césio 137, Marie Curie, Chernobyl, entre outros (Figura 2).

Ao longo da narrativa, o pai explica sobre as garotas do rádio, enfatizando que o trabalho delas era pintar os ponteiros dos relógios com uma tinta luminosa contendo a inovadora substância rádio. Sem compreender os perigos da radioatividade, essas mulheres usavam pincéis finos, muitas vezes lambendo as cerdas para manter a ponta afiada. Essa prática resultou em exposição direta e constante ao rádio, um elemento recém-descoberto com a propriedade de brilhar no escuro, tornando-o ideal para relógios. Com o tempo, estas garotas desenvolveram sérios problemas de saúde, destacando a necessidade de precauções, como mostrado na Figura 3. A empresa, inicialmente, negava os perigos, mas a verdade veio à tona com a análise de um cientista, explicando que a radioatividade do rádio estava causando danos irreparáveis às células destas garotas. O impacto dessa descoberta foi chocante para a comunidade e as trabalhadoras.[15,16]

A tragédia das garotas do rádio se tornou um ponto crucial na conscientização dos perigos da radioatividade, resultando em mudanças nas práticas industriais e regulamentações mais rigorosas para proteger os trabalhadores. A HQ destaca a importância do conhecimento em química, especificamente sobre a radioatividade e a história, para garantir ambientes de trabalho seguros, servindo como alerta sobre as precauções necessárias ao lidar com substâncias perigosas.[15,16,17]

Com o intuito de integrar adequadamente as personalidades de cada personagem na narrativa, foram empregadas

Tabela 1. Fases do desenvolvimento da HQ

Fases	Etapas	Descrições
Coleta e avaliação de informações	Abordagem para elaboração de história em quadrinhos	Investigações acerca do procedimento de concepção de narrativas em quadrinhos
	Procura por fontes de inspiração	Procura por itens análogos ao conteúdo a ser elaborado, como: "Maus" e "Guia mangá bioquímica"
	Revisão bibliográfica	Investigação na literatura para a elaboração da história (manuais didáticos de ensino fundamental e médio, obras acadêmicas e publicações científicas)
	Ideia	Originado da história das garotas do rádio como elemento histórico e científico
Elaboração e documentação	Enredo	Elaborou-se uma trama fundamentada em princípios da divulgação científica, buscando apresentar conceitos de radioatividade em linguagem acessível, contextualizados por uma narrativa histórica e articulados a elementos visuais e diálogos capazes de aproximar o conteúdo científico do público-alvo, sem comprometer o rigor conceitual.[3,14]
	Roteiro	Elaboração de registros contendo detalhes sobre painéis e interações verbais
	Storyboard	Esboço da história em quadrinhos como antecipação da versão definitiva do conteúdo
	Arte gráfica	Ilustrações elaboradas e coloridas no Pixton e Microsoft Bing
Desenvolvimento	Figuras e ambientações	Idealização das figuras e ambientes a partir da revisão bibliográfica
	Letras	Seleção da tipografia, incorporação dos diálogos e representação de efeitos
	Diagramação	Disposição dos componentes nas páginas



Figura 1. Layout da HQ "Garotas do rádio e a pintura radioativa"

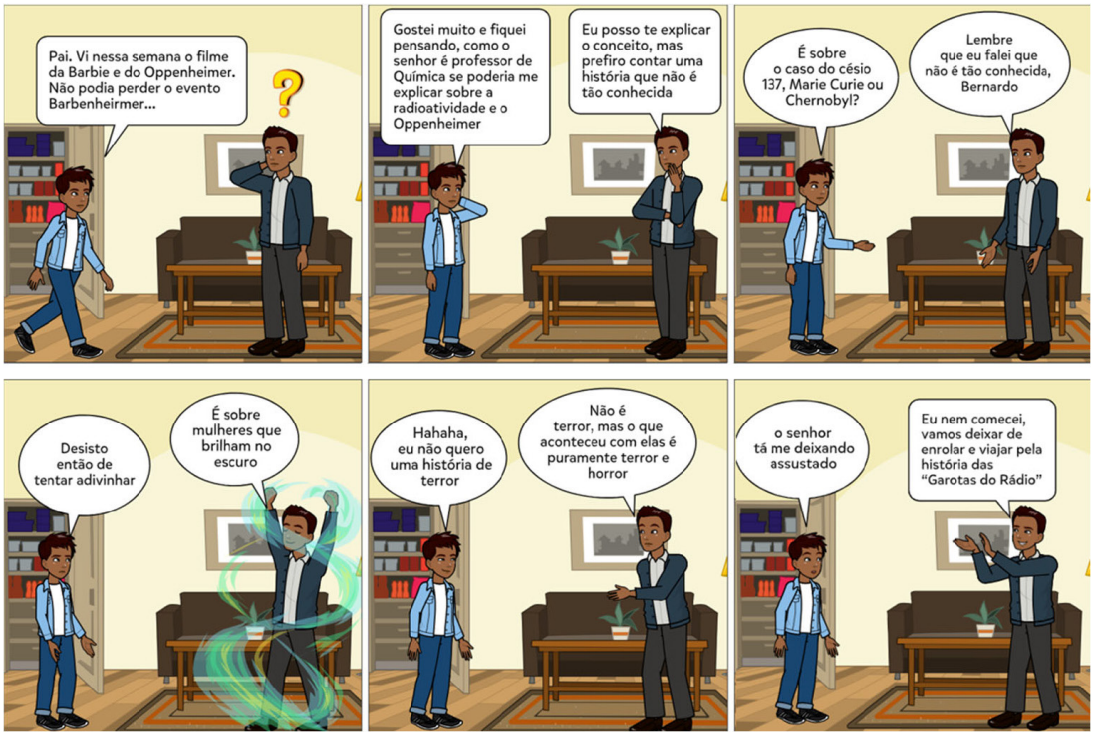


Figura 2. Início da narrativa da HQ elaborada



Figura 3. Trecho da narrativa sobre os perigos do rádio

expressões faciais e corporais que retratavam sentimentos como tristeza, alegria, empolgação, reflexões e compreensão, entre outros. Essas expressões foram contextualizadas ao longo da história, visando estabelecer uma conexão palpável entre o leitor e as situações apresentadas. Além das expressões físicas evidenciadas pelos personagens, recorreu-se à inserção de balões de diálogo, contribuindo para destacar e enfatizar os teores das falas dos protagonistas (Figura 4).[18]

A importância do ambiente e dos personagens em uma HQ é amplamente reconhecida como aspectos fundamentais na construção de narrativas visuais. McCloud,[18] teórico dos quadrinhos, em sua obra "desvendando os quadrinhos", destaca a vitalidade desses elementos na comunicação e na criação de significado. Nesse sentido, a narrativa elaborada da HQ apresenta o ambiente não apenas como um mero cenário, mas como um elemento intrínseco à comunicação. Além de contextualizar a história, o ambiente a enriquece por meio de aspectos visuais que contribuem para a compreensão do conteúdo proposto. Ademais, observa-se uma interação dinâmica entre o ambiente e os personagens, em que ambos se influenciam mutuamente, impulsionando e criando uma dinâmica que colabora com o desenvolvimento narrativo.

Elaborou-se uma trama fundamentada em princípios da História e Filosofia da Ciência (HFC), buscando representar o episódio histórico das Garotas do Rádio de forma contextualizada e coerente com os conhecimentos historiográficos disponíveis. Para a adaptação do caso histórico à linguagem das histórias em quadrinhos, priorizou-se uma narrativa acessível ao público-alvo, preservando o rigor conceitual e histórico, evitando simplificações,



Figura 4. Expressões retratando sentimentos variados em cada personagem na narrativa

anacronismos e interpretações que pudessem conduzir a uma visão distorcida do desenvolvimento científico. A construção dos cenários, personagens e diálogos foi orientada por referências históricas e científicas sobre o tema, conciliando fidelidade histórica e potencial didático.[19,20]

A história em quadrinhos foi desenvolvida para estudantes do Ensino Médio, considerando as competências e habilidades previstas para o ensino de radioatividade nessa etapa da educação básica. Para isso, empregou-se linguagem acessível, associada a elementos visuais e diálogos, preservando o rigor científico dos conceitos apresentados. Sob o ponto de vista pedagógico, a HQ apresenta características predominantemente explicativas, uma vez que os conceitos científicos são desenvolvidos ao longo da narrativa, mas também incorpora elementos motivadores e instigadores, ao introduzir questionamentos e situações-problema que despertam a curiosidade do leitor e conduzem à compreensão gradual do episódio histórico das Garotas do Rádio.[19]

2.4. Aplicação da história em quadrinho

Quatorze Professores de Química do ensino médio nos estados da Paraíba (PB) e Rio Grande do Norte (RN) leram e avaliaram a história em quadrinhos com o objetivo de verificar seu potencial como recurso didático complementar no processo de ensino.

2.5. Questionários para os docentes

O questionário elaborado para os docentes teve como viés metodológico a investigação a respeito da utilização do quadrinho como material didático com o intuito de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da radioatividade. A fim de validar o material, os dados foram reunidos por meio de um questionário distribuído online e formatado na plataforma *Google Forms*, o qual foi disponibilizado juntamente com a HQ. Por meio desse método, tornou-se viável efetuar uma avaliação qualitativa e quantitativa, aprimorando a compreensão do perfil dos avaliadores e suas considerações acerca das potencialidades e limitações pedagógicas do material. Os questionamentos foram categorizados em dois conjuntos: objetivas e dissertativas, como ilustrado na Tabela 2.

As respostas do questionário foram apresentadas conforme escrito pelos docentes, preservando sua escrita e alterada em caso de identificação para ser preservado o anonimato. Foram utilizados símbolos para identificar os docentes, por exemplo, PN para representar a fala do docente, em que P se refere a professor e N o número identificador do docente (N=1, 2, 3,..., 14).

2.6. Tratamento de dados

Para o tratamento de dados foi utilizada a análise de conteúdo de Bardin,[13] sendo pautada nas seguintes etapas:

> i) Pré-análise, que consiste na organização do material a ser analisado com o objetivo de torná-lo operacional, sistematizando as ideias iniciais; ii) Exploração do material, que contempla a contagem de ideias repetidas, a enumeração de situações que aparecem mais de uma vez ou mesmo aquelas que estão completamente ausentes; iii) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação, destinada ao tratamento dos resultados, ocorrendo nela a condensação; o destaque das informações para análise, culminando nas interpretações inferenciais; é o momento da intuição, da análise reflexiva e crítica.[13]

No contexto da análise dos dados, as respostas foram quantificadas e expressas de forma descritiva. Nesse processo, foram identificadas unidades de significado nos dados e unidades de contexto, considerando cuidadosamente suas similaridades e discrepâncias. A unidade de contexto foi considerada como frase relacionada ao objeto de estudo. Esta unidade representa o conteúdo que revela a intenção, o

Tabela 2. Qustionário

Perfil do Avaliador
1) Qual a sua formação? detalhe seu percurso acadêmico e profissional, expondo de maneira minuciosa sua formação:
2) Trabalha em escola pública ou particular? ( ) Pública ( ) Particular. Forneça detalhes sobre o período em que você está envolvido(a) no exercício docente, descrevendo seu tempo de experiência na educação:
3) A escola é regular ou integral? ( ) Integral ( ) Regular
4) Você costuma ler História em Quadrinhos? ( ) Sim ( ) Não. Caso afirmativo, quais?
Análise Pedagógica da HQ
1) Em sua opinião, a leitura das "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" foi: ( ) Muito difícil ( ) Difícil ( ) Razoavelmente fácil ( ) Fácil. Indique motivos que justifiquem sua resposta:
2) Você acha que a história das "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" presente no quadrinho pode contribuir no ensino da radioatividade e a história da química? ( ) Muito ( ) Razoavelmente ( ) Pouco ( ) Nada. Justifique sua resposta:
3) A abordagem do conteúdo radioatividade na "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" foi (pode ser assinalado mais de um item): ( ) Objetiva ( ) Desafiadora ( ) Superficial ( ) Clara ( ) Abrangente ( ) Contextual. Justifique sua resposta:
4) A história em quadrinhos está em conformidade e consistência com os temas tratados? ( ) Muito ( ) Razoavelmente ( ) Pouco ( ) Nada. Justifique sua resposta
5) Você acha que o material produzido melhoraria o processo de ensino e aprendizagem em química? ( ) Muito ( ) Razoavelmente ( ) Pouco ( ) Nada. Justifique sua resposta:
6) Quais elementos do quadrinho criado você julga serem significativos? (pode ser assinalado mais de um item): ( ) Enredo ( ) Personagens ( ) Arte Gráfica ( ) Diálogos ( ) Narrativa visual ( ) Temática ( ) Originalidade. Justifique sua resposta:
7) Você utilizaria a História em Quadrinho produzida em suas aulas? ( ) Sim ( ) Não. Caso afirmativo, descreva como seria a utilização:
8) Deixe sua avaliação e comentário geral a respeito do quadrinho: Nota (0 – 10): Comentário geral:

sentido ou a emoção expressa pelo participante em relação ao fenômeno investigado. A unidade de contexto textual com carga significativa relacionada ao objeto de estudo. Esta unidade representa o conteúdo que revela a intenção, o sentido ou a emoção expressa pelo participante.

3. Resultados e Discussão

3.1. Perfil do avaliador

No questionário aplicado, algumas perguntas foram direcionadas para traçar o perfil dos participantes em relação à sua área de formação, experiência e seus costumes referentes à leitura de HQ.

No que diz respeito à formação em Química dos participantes avaliados, observa-se uma diversidade de níveis educacionais: duas pessoas possuem doutorado, mestrado, bacharelado e licenciatura; outras duas possuem mestrado, bacharelado e licenciatura; dois participantes possuem apenas bacharelado e licenciatura, enquanto um possui somente bacharelado. Adicionalmente, o restante dos participantes possui exclusivamente licenciatura em Química.

Os indivíduos mencionados apresentam uma variedade de formações na área da Química, evidenciando não apenas uma ampla experiência educacional e profissional, mas também a importância da formação acadêmica para o desenvolvimento pessoal e profissional. Entre as suas formações, destacam-se licenciaturas e bacharelados em Química, bem como especializações em diversas áreas correlatas. Além disso, muitos participaram de programas de bolsas de iniciação à docência e projetos de extensão, contribuindo para a sua formação prática e pedagógica. A busca por cursos de pós-graduação, como mestrados e doutorados, reflete o comprometimento desses profissionais com o aprimoramento contínuo de suas competências e conhecimentos na área da Química. Essa diversidade de trajetórias acadêmicas não apenas destaca a relevância do ensino e pesquisa em química, mas também ressalta o compromisso desses indivíduos com o avanço científico e educacional.

No que diz respeito ao contexto de trabalho escolar, 10 dos participantes estão empregados em instituições de ensino públicas, enquanto 4 atuam em escolas privadas. Os dados apresentados revelam uma diversidade de experiências no campo da educação. Os profissionais mencionados acumulam décadas de experiência, com uma média de aproximadamente 25 anos atuando em diferentes contextos educacionais. Suas trajetórias incluem

desde o exercício da docência em sala de aula, tanto na rede pública quanto na privada, até o envolvimento em projetos pedagógicos e iniciativas de pesquisa. Destaca-se também o reconhecimento por meio de prêmios e participação em atividades extracurriculares, evidenciando o comprometimento desses profissionais com o aprimoramento constante de suas práticas pedagógicas. Ao longo do período escolar, 10 dos participantes (com uma representatividade de 71,4%) estão imersos no ensino regular, ao passo que 4 deles (totalizando 28,6%) estão ativamente envolvidos no ensino integral.

Em relação ao hábito de leitura de HQ, 9 participantes (constituindo 64,3%) não praticam essa atividade, ao passo que 5 participantes (equivalente a 35,7%) têm o hábito de ler. A maioria das respostas indica uma falta de hábito na leitura de HQ, com algumas menções específicas de preferências como DC, Marvel, Turma da Mônica e Snoopy, mas geralmente expressando uma ausência de leitura recente. Alguns participantes mencionaram gostos específicos, como quadrinhos regionais e Mangá de gêneros como isekai, aventura, ação e/ou romance. No entanto, a tendência predominante é a falta de leitura frequente de HQ.

A caracterização do perfil dos participantes permitiu verificar que a avaliação da HQ foi realizada por professores com diferentes níveis de formação acadêmica e experiências profissionais, conferindo maior diversidade ao grupo de avaliadores. Dessa forma, as percepções obtidas refletem diferentes trajetórias na docência em Química, contribuindo para uma análise mais abrangente do potencial da HQ como recurso didático complementar. Entretanto, o objetivo desta etapa não foi comparar as percepções entre os diferentes perfis de participantes, mas caracterizar a amostra responsável pela avaliação do material.

3.2. Avaliação da HQ como ferramenta didática

Após coletar os dados dos avaliadores sobre os critérios pedagógicos da HQ e realizar uma minuciosa análise das respostas dissertativas, tornou-se viável elaborar as categorias de maneira consolidada, ou seja, registrar as unidades que se destacaram com maior frequência nas observações dos avaliadores.

No que se refere à primeira pergunta do questionário sobre a análise pedagógica da HQ (Tabela 3), que trata da opinião sobre a leitura da HQ, sete avaliadores (50%) consideraram razoavelmente fácil, cinco (35,7%) fácil e dois (14,3%) difícil. Ao analisar as justificativas apresentadas pelos professores (Tabela 3), observa-se que as respostas refletem duas perspectivas distintas. Parte dos docentes avaliou a leitura da HQ com base em sua própria experiência como leitor, enquanto outros projetaram sua avaliação considerando a compreensão dos estudantes do Ensino Médio, público-alvo do material. Apesar dessa diferença interpretativa, as respostas convergem ao indicar que a linguagem utilizada constitui um aspecto determinante para o potencial didático da HQ, especialmente quanto ao equilíbrio entre acessibilidade e rigor científico. Essa diferença de interpretação decorre da formulação da questão, que permitiu aos participantes responderem tanto a partir de sua experiência pessoal quanto da percepção sobre a futura utilização da HQ em sala de aula. Assim, os resultados devem ser compreendidos como uma avaliação da percepção dos professores acerca da adequação da linguagem do material, e não como uma medida direta da compreensão dos estudantes.

Essas categorias representam diferentes percepções e avaliações dos participantes sobre a HQ, incluindo sua

Tabela 3. Categorias de justificativas apresentadas sobre a dificuldade de leitura

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Temática atrativa	P1 – "Temática interessante." P5 – "Uma história bem interessante que ilustra todos os fatos sobre a radioatividade."
Linguagem compreensível	P7 – "Uma linguagem acessível." P2 – "Vocabulário acessível." P13 – "A leitura sendo manifestada de forma escrita, com simplicidade consegue prender o leitor a história. Um outro fato, é em relação a escrita ter apoio da linguagem visual causando ainda mais o leitor a uma atenção."
Dificuldade de entendimento para alunos sem familiaridade na área	P4 – "Fácil para quem já é da área. Acho que para alunos fica entre razoavelmente fácil e difícil, a depender do interesse do aluno e afinidade com a área." P10 - "Foi razoavelmente fácil, projetando a leitura para os estudantes, pois alguns conceitos podem ser difíceis para sua compreensão, como tempo de meia vida, no entanto esse conceito está muito bem demonstrado na história em quadrinho." P12 – "Acredito que difícil porque os estudantes não estão habituados com termos técnicos e se confundem com os conceitos, sem contar a dificuldade com a compreensão dos conteúdos que não estão no cotidiano deles. Por isso, acredito que deve haver um plano de aula mais amplo, com mais tempo para esclarecimentos de dúvidas ou a divisão em dois volumes, talvez. Porém, é importante considerar que o material está muito bem feito e muito criativo!"

eficiência como uma abordagem diferenciada no ensino, sua utilidade como um veículo de comunicação com os alunos e outros comentários sobre sua relevância e impacto no processo de ensino e aprendizagem. Apesar da maioria dos avaliadores não possuir o hábito de leitura de HQ, eles demonstraram compreensão sobre os benefícios de incorporar essa ferramenta no processo educacional. As respostas indicam que a HQ é percebida como envolvente, aplicável à ciência abordada, utiliza uma linguagem acessível e captura a atenção do leitor graças ao suporte visual e à escrita direta. Para Júnior e Rodrigues,[21] textos que promovem o diálogo despertam um interesse mais elevado nos leitores, sendo também percebidos como mais acessíveis, mesmo diante da densidade de informações. No contexto específico das HQs, destaca que as imagens complementam o texto, oferecendo aos leitores pistas visuais para compreender o significado das palavras. Dentro desse cenário, Francisco Junior e Gama[22] abordam a relevância da prática da leitura, ressaltando que as HQs representam um dos tipos de textos que podem motivar os estudantes a se engajarem na atividade de leitura.

Entretanto, algumas respostas sugerem que a leitura da HQ é considerada desafiadora devido a termos técnicos e conceitos complexos. São propostas melhorias no ensino desses conteúdos, como um plano de aula mais abrangente e tempo adicional para esclarecer dúvidas. Dessa forma, essa perspectiva pode ser fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.[10] De acordo com o autor, o processo de aprendizagem é influenciado pela organização prévia de conhecimentos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. No contexto das respostas mencionadas, a variação na compreensão da HQ sobre radioatividade sugere que os participantes supõem que os alunos podem ter diferentes estruturas cognitivas e prévios conhecimentos sobre o assunto. Alguns podem ter uma base sólida em conceitos relacionados à radioatividade, facilitando a compreensão da HQ, enquanto outros podem encontrar dificuldades devido à falta de conhecimento prévio.

Os resultados sugerem que a compreensão da HQ sobre radioatividade é influenciada pelos conhecimentos prévios dos estudantes, conforme proposto pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel,[10] mas também pela forma como o professor planeja e media sua utilização em sala de aula. Assim, o potencial pedagógico da HQ está relacionado tanto à bagagem cognitiva dos alunos quanto à sua inserção em uma sequência didática coerente com os objetivos de aprendizagem. Nesse contexto, a HQ pode ser utilizada em diferentes momentos do processo de ensino, como recurso introdutório para despertar o interesse dos estudantes, como estratégia de contextualização histórica e científica durante o desenvolvimento dos conteúdos, ou ainda como atividade de consolidação e revisão dos conceitos relacionados à radioatividade. Dessa forma, seu potencial como recurso didático complementar depende da mediação docente e da articulação com outras estratégias de ensino.[3,9,19]

Na segunda questão (Tabela 4), foi perguntado aos participantes se a história das "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa", apresentada na HQ, poderia contribuir no ensino da radioatividade e da história da química. Os resultados revelaram que 13 (92,9%) consideraram "muito" e um (7,1%), "razoavelmente". A análise das justificativas reunidas no Tabela 4 revela que a história em quadrinhos apresenta um potencial significativo tanto para apoiar o ensino do conteúdo de radioatividade quanto para favorecer a inserção de elementos da história da química no contexto educacional.

As respostas dos professores evidenciam que a HQ foi percebida como um recurso capaz de diversificar as estratégias de ensino, favorecendo a contextualização dos conteúdos e aproximando os estudantes dos conceitos científicos por meio de uma narrativa histórica. Os participantes também destacaram seu potencial para despertar o interesse dos alunos e promover maior envolvimento durante o processo de aprendizagem.

Além disso, a HQ demonstra ser bem aceita e pode desempenhar um papel importante no ensino da radioatividade e da história da química, no sentido de despertar interesse pela temática. Esses resultados reforçam o potencial das histórias em quadrinhos para a abordagem da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Química. Ao utilizar o episódio histórico das Garotas do Rádio como eixo narrativo, a HQ possibilita discutir a construção do conhecimento científico, seus impactos sociais e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, contribuindo para uma compreensão mais contextualizada da radioatividade. Além disso, quando integrada a uma sequência didática planejada, a HQ pode favorecer a aprendizagem significativa e ampliar as possibilidades de discussão em sala de aula.[19]

Adicionalmente, a narrativa é percebida como uma leitura agradável, cativante e ricamente ilustrada, tornando-a um recurso valioso para ampliar as estratégias de ensino. A linguagem acessível e envolvente da HQ, aliada à sua originalidade e capacidade de cativar, contribui para instigar a curiosidade dos alunos e promover uma abordagem em consonância com a teoria da aprendizagem multimídia, que sugere que os indivíduos aprendem de maneiras diferentes e se beneficiam de materiais que envolvem múltiplos sentidos, como a visão e a audição. Autores como Mayer[23] destacam que o uso de elementos visuais, como ilustrações, pode facilitar a compreensão e a retenção de informações. Nesse sentido, Prado *et al.*[24] defendem que o impacto positivo das HQ nos processos educacionais decorre de sua linguagem

Tabela 4. Categorias de justificativas elencadas sobre a contribuição no ensino da radioatividade e da história da química

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Uma perspectiva inovadora	P1 - "Uma abordagem diferenciada." P4 - "Creio que sim porque é uma forma diferente de abordar esses temas." P6 - "O material pode ser explorado em vários momentos diferentes com a finalidade de potencializar o processo de construção do conhecimento sobre a temática." P14 - "Um estudo contextualizado possui a finalidade de aproximar o conhecimento científico do educando e uma abordagem histórico-social capaz de abranger o progresso da ciência e seus efeitos, como "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa", causa intimidade e empatia com a temática, o que pode gerar melhor compreensão dos objetos de estudo."
Ótimo recurso para instigar os alunos	P3 - "É uma história legal de se ler e aborda os conceitos de radioatividade. Os alunos já gostam dessa temática e o material ajuda para eles se interessarem ainda mais. Seria mais um material que o professor teria para diversificar as estratégias de aprendizado." P8 - "Instiga nos estudantes o interesse pela Ciência Química." P9 - "Muito, pois apresenta uma nova história para o tema e ser uma leitura agradável com um material bem atrativo e bem ilustrado para ser trabalhado em sala de aula com os discentes." P12 - "Com certeza, pois a linguagem é acessível e lúdica e o(a) professor(a) estará em sala de aula para esclarecimentos sobre o tema. É completamente diferente de um livro didático, a história é criativa e chama atenção com imagens e o formato de quadrinhos e os estudantes gostam dessa aula diferente, como chamam." P13 - "Sim, pois o assunto é original, chama atenção e o material coopera na curiosidade causada nos alunos."estudantes não estão habituados com termos técnicos e se confundem com os conceitos, sem contar a dificuldade com a compreensão dos conteúdos que não estão no cotidiano deles. Por isso, acredito que deve haver um plano de aula mais amplo, com mais tempo para esclarecimentos de dúvidas ou a divisão em dois volumes, talvez. Porém, é importante considerar que o material está muito bem feito e muito criativo!"

acessível e de sua capacidade de estabelecer uma conexão entre o leitor e as páginas ilustradas, tornando mais simples a compreensão de conceitos complexos. A disposição das páginas e a organização sequencial das imagens possibilitam ao leitor ter uma visão abrangente. Essa característica única das HQ facilita a assimilação dos conteúdos em comparação com texto e imagem convencionais, além de exigir dos leitores um pensamento dedutivo em relação às transições das cenas.

Na terceira indagação do questionário (Tabela 2), os participantes foram questionados sobre como o tema da radioatividade foi abordado, podendo ser assinalado mais de um item. Os tópicos "contextual", "abrangente", "clara" e "objetiva" são os mais destacados. Além disso, percebe-se uma ênfase maior nesses aspectos nas respostas (Tabela 5).

Os dados reunidos ressaltam a clareza na divisão dos tópicos, a abordagem divertida e didática dos conceitos principais envolvendo a radioatividade, a objetividade na apresentação do tema com demonstração de aplicações, a contextualização dos tópicos escolhidos, o bom equilíbrio entre texto e conteúdo, a qualidade ilustrativa da história,

Tabela 5. Categorias de justificativas elencadas sobre a abordagem do conteúdo radioatividade

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Abordagem didática e organização do conteúdo	P1 - "Achei os tópicos bem divididos." P3 - "Aborda os conceitos principais da radioatividade de uma forma divertida. P8 - "Bastante didático e envolvente." P6 - "Contempla bastante conteúdo e sua utilização em projetos pode ser muito eficiente." P9 - "Mostra de forma objetiva o tema envolvido, demonstrando algumas aplicações da radioatividade." P13 - "Os tópicos escolhidos expressam o que senti na hora da leitura, bastante contextual."
Integração entre texto e conteúdo	P2 - "Bom jogo entre texto e conteúdos abordados." P5 - "História bem ilustrativa."
Adequação da linguagem e contextualização	P7 - "Como dito antes, a linguagem é acessível e próxima do cotidiano da juventude." P14 - "Superficial apenas quando trata-se de fissão e fusão nuclear, porém a abordagem geral foi bastante abrangente e contextualizada."

a linguagem acessível e próxima do cotidiano, e a abordagem geral, embora superficial em alguns pontos. No geral, as respostas indicam uma abordagem abrangente e contextualizada da HQ. Isso se tornou viável graças às características lúdicas das HQ e à sua natureza como uma ferramenta de comunicação simples, interativa e agradável, permeando os trajetos e procedimentos de aprendizagem e ensino.[23]

Na quarta pergunta (Tabela 2), os participantes foram questionados se a HQ está em conformidade e consistência com os temas tratados. Os resultados revelaram que 13 (92,9%) consideraram "muito" e 1 (7,1%) "razoavelmente". A partir da análise das justificativas apresentadas na Tabela 6, percebe-se que a história em quadrinhos demonstra capacidade de dialogar de forma coerente e integrada com os temas abordados.

Os resultados apontam que a HQ está alinhada aos temas tratados, apresentando os conceitos principais da radioatividade de forma clara e lúdica. Há uma percepção positiva quanto à qualidade e clareza na apresentação dos conteúdos, bem como à abrangência da HQ ao inserir cientistas importantes e contextualizar o uso da radioatividade na sociedade. Os participantes destacam a adequação geral da abordagem, embora reconheçam algumas áreas que podem ser aprimoradas. Em suma, as respostas sugerem que a HQ oferece uma visão abrangente e contextualizada dos temas abordados. A justificativa para esses dados pode ser embasada em teorias da educação e comunicação, que enfatizam a importância da clareza na apresentação de conteúdos e na construção de uma narrativa acessível e envolvente. Autores como Vygotsky[25] e Piaget[26] ressaltam que materiais educacionais devem ser adaptados ao nível de compreensão dos alunos e contextualizados para promover aprendizagem. Portanto, as respostas dos participantes, que evidenciam a clareza na apresentação dos conceitos e a adequação geral da abordagem da HQ, estão em conformidade com esses princípios teóricos, sugerindo que a HQ oferece uma visão abrangente e contextualizada dos temas abordados.

Na quinta pergunta (Tabela 2), investigou-se o potencial da HQ em influenciar positivamente no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Química. Os dados demonstraram que 11 (78,6%) indivíduos avaliaram como "muito" e 3 (21,4%) como "razoavelmente". A avaliação das justificativas fornecidas no Tabela 7 aponta para a possibilidade de que a HQ possa ter um papel complementar na contribuição da aprendizagem.

Após analisar as respostas dos participantes, podemos concluir que há uma percepção positiva sobre o potencial do material produzido para melhorar o processo de ensino e aprendizagem em química, bem como destacam aspectos positivos e áreas de possível aprimoramento. Os indivíduos destacaram a capacidade da HQ de atrair a atenção dos alunos, tornar o conteúdo mais acessível e facilitar a compreensão dos conceitos. Além disso, observaram que a abordagem inovadora e lúdica da HQ contribui para deixar as aulas mais interessantes e ilustrativas. No entanto, algumas sugestões foram feitas para explorar ainda mais a história em si e ampliar a contextualização dos temas abordados, visando promover uma maior autonomia dos alunos na construção do conhecimento científico. Conforme

Tabela 6. Categorias de justificativas elencadas sobre a conformidade e consistência dos temas tratados na HQ

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Conformidade e consistência com os temas tratados	P4 - "Sim. Aborda de modo geral a essência do que é visto em sala de aula." P5 - "Não vejo discrepâncias entre a problemática abordada e os conceitos teóricos." P7 – "Tudo bem encaixado." P10 - "O material tem os conceitos principais relacionados à radioatividade." P11 - "Sim, conseguiu fazer um amparar de forma geral, trabalhando o contexto da química e da história." P13 - "Toda a história envolve os personagens dentro do tema relacionado à radioatividade." P14 - "A HQ usa o contexto da descoberta e alguns dos primeiros usos tecnológicos da Radioatividade na sociedade, bem como seus impactos na saúde e na economia."
Qualidade e clareza na apresentação dos conceitos	P2 - "A HQ foi bastante abrangente inserindo cientistas da história da Química importantes para a compreensão geral sobre o tema, trouxe logo de início o meme (atual e das redes sociais que os estudantes usam) da Barbie e Oppenheimer que viralizou no Instagram e isso é importante porque chama atenção dos jovens. Marie Curie também está presente na história, ela que é um ícone da radioatividade. Rutherford lembrou o contexto dos modelos atômicos e finalizando com a explicação da bomba atômica e dos perigos da radioatividade. Tudo ficou meticulosamente interligado! Sensacional!" P6 - "É possível identificar que sua produção foi bem planejada, já que o material contempla pontos centrais da temática." P8 - "Explica com nitidez de forma lúdica a história e aplicação da radioatividade." P12 - "A leitura do conteúdo "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" traz de maneira objetiva todos os conceitos da química importantes para a compreensão do conteúdo de forma mais acessível."

Tabela 7. Categorias de justificativas elencadas sobre o impacto da HQs no ensino de Química

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Potencial como ferramenta de atração	P1 - "Seria uma nova ferramenta para atrair o aluno ao conteúdo." P7 - "Enriquece o aprendizado e torna atrativa a leitura dos conteúdos."
Qualidade e impacto no processo de ensino e aprendizagem	P10 - "É uma leitura agradável e cheia de conhecimento. Acredito que fortalece o processo de ensino e aprendizagem." P3 - "Por ser uma metodologia inovadora de abordagem de conteúdo, contendo um enredo que atua prendendo a atenção dos alunos, acho que a HQ se apresenta como uma boa ferramenta para a melhora do ensino e aprendizagem." P9 - "Deixa a aula mais ilustrativa e interessante." P12 - "Muito, pois o material é bastante atrativo e bem ilustrado, despertando a atenção dos discentes para o tema a ser trabalhado."
Observações sobre a execução	P6 - "Uma melhora considerável no processo de ensino e aprendizagem em Química implica em diversos fatores, e não apenas no material." P5 - "Acho que a efetivação da aprendizagem envolve diversos fatores, mas que o uso dos quadrinhos é divisor de águas para muitos." P13 - "É sempre importante ilustrar de forma lúdica o ensino de língua química, para facilitar a aprendizagem." P14 - "Sim, entretanto seria interessante explorar mais a história em si (consequências sociais, médicas e burocráticas às quais foram apresentadas ao longo da leitura) e indicar pontos de estudo sobre a Radioatividade para que os estudantes se aprofundem nos livros didáticos e questionem aos seus professores os porquês dos acontecimentos ao invés de deixar claras as respostas."

Soares,[27] o interesse e estímulo, em práticas recreativas, tais como as HQ, representam dois elementos cruciais para a persistência das tarefas e iniciativas propostas. As HQ são relevantes para os processos de ensino-aprendizagem tanto em Química quanto em outras áreas do conhecimento, devido às suas características formativas, buscando apoiar, motivar, estimular e fortalecer os alunos no desenvolvimento de habilidades através das dimensões lúdicas. Além de favorecer a contextualização dos conteúdos científicos, as histórias em quadrinhos podem ser empregadas para introduzir ou revisar conceitos, estimular a leitura e promover discussões de temas transversais, ampliando as possibilidades de utilização desse recurso no planejamento didático.[28]

Na sexta pergunta do questionário (Tabela 2), os participantes foram questionados sobre os elementos da HQ que eles consideram significativos e dignos de destaque, com a possibilidade de marcar mais de um item, conforme representado na Figura 5. Os aspectos "enredo", "arte gráfica", "diálogos", "narrativa visual", "temática" e "originalidade" foram os mais apontados, de acordo com as categorias de justificativas apresentadas no Tabela 8.

As respostas revelam que a HQ despertou grande interesse e motivação entre os participantes. Eles destacaram a apresentação intrigante da temática, ressaltando a originalidade e a qualidade artística da obra. Além disso, a capacidade da HQ de envolver os indivíduos foi enfatizada, contribuindo para tornar a leitura não apenas educativa, mas também envolvente e agradável. Os participantes também observaram que a forma como a história foi apresentada facilitou o entendimento do conteúdo, proporcionando uma experiência de aprendizado mais fluida e acessível. Além disso, o modelo de Motivação Intrínseca de Ryan e Deci[29] se apresenta como uma perspectiva notável e estimulante.

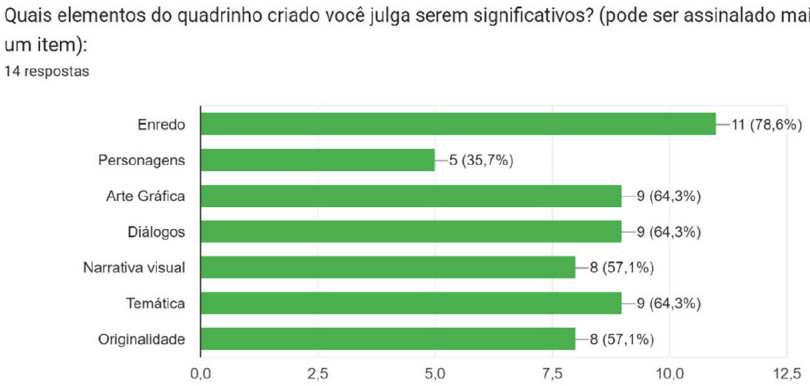


Figura 5. Elementos significativos do quadrinho

Tabela 8. Categorias de justificativas elencadas sobre os elementos significativos do quadrinho para compreender sua influência no processo educacional

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Interesse e motivação	P1 - "Interessante." P2 - "Perfeito!" P6 - "A temática foi apresentada de maneira bastante interessante o que motiva a leitura." P7 - "Algo inédito que não vi antes com esse tema e com arte colorida." P10 - "A temática é interessante, as imagens chamam a atenção dos estudantes e despertam o interesse pela leitura." P13 - "Todos os elementos envolvem o aluno na leitura, tornando a apresentação do conteúdo de fácil compreensão." P14 - "Apesar de alguns balões de conversa serem extensos para uma HQ, a quantidade e qualidade de quadros e a fluidez dos diálogos entre os personagens associadas ao enredo deixou a história interessante e estimulante."
Facilitação do entendimento	P8 - "Facilita o entendimento." P12 - "Pois todos os itens assinalados na questão anterior fazem com que a leitura do conteúdo "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" se torne agradável e muito atrativa." P11 - "Na minha opinião, todos! Pois a soma de cada detalhe fez total diferença na absorção e leveza da leitura."

Segundo esse modelo, a motivação intrínseca, que surge da própria atividade em si, é crucial para o engajamento e o aprendizado significativo. A HQ, com sua natureza visualmente atraente e narrativas envolventes, têm o potencial de despertar e sustentar essa motivação intrínseca dos leitores, levando a uma maior construção e compreensão do conhecimento.

A sétima indagação (Tabela 2) questiona se os participantes utilizariam a HQ em suas aulas, solicitando-lhes que descrevam como seria essa utilização. Todos responderam afirmativamente, revelando uma aceitação favorável da HQ, cujas respostas são apresentadas no Tabela 9.

As respostas indicam uma variedade de estratégias para integrar a HQ ao ensino de química. Essas incluem o uso como ferramenta didática em diferentes abordagens pedagógicas, como roda de leitura, metodologia de sala de aula invertida, introdução do conteúdo e sequência didática. Além disso, sugere-se a complementação com recursos audiovisuais, como o filme "Radioatividade", para contextualizar e enriquecer o aprendizado. As propostas

Tabela 9. Categorias de justificativas elencadas sobre a incorporação da HQ nas aulas

Categorias: Unidades de Significados	Unidade de Contexto
Utilização como ferramenta didática e introdução a temática	P3 - "Utilizaria dentro de uma metodologia de sala de aula invertida, onde a HQ seria a atividade pré-classe. Após isso traria a discussão dos temas para sala de aula e posterior aplicação de exercícios de fixação do conteúdo." P6 - "Seria utilizada em alguns momentos de uma Sequência Didática." P7 - "Roda de leitura ou material de apoio para as aulas." P8 - "Roda de conversas e análises." P12 - "Uma forma de utilização seria apresentar essa história antes do conteúdo, a fim de despertar a curiosidade dos discentes sobre o tema e a partir dele iniciar o conteúdo propriamente dito."
Estratégias de integração com outros recursos	P4 - "Propor a leitura do material impresso ou em meio virtual." P12 - "[...] Exibição prévia do filme "Radioactive", com as respectivas observações sobre a vida de Marie Curie e a relação de seus estudos com a radioatividade. Em outro dia (em 2 aulas), faremos a oficina utilizando os quadrinhos (HQ) e faremos um quadro (em cartolina) escrevendo sobre os elementos radioativos da Tabela Periódica e expondo o quadro na sala de aula." P13 - "Primeiro abrangeria o conteúdo de forma teórica, faria a utilização de documentário e abordaria o material didático como uma forma apoio para a compreensão do discente em relação a temática, usando em específico na hora de retratar sobre os acidentes radioativos." P14 – "O filme "Radioatividade" aliado a história em quadrinhos "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" não apenas introduziriam a temática nas aulas, mas gerariam debates sobre o papel dos estudos científicos para compreensão da natureza e o uso tecnológico da ciência, seus benefícios e malefícios. Vale salientar que a visualização do filme (interpretação em forma de resenha crítica) e a leitura da HQ seriam solicitadas as turmas antes da discussão na sala de aula."

apresentadas estão alinhadas com as ideias de Nunes *et al.*[30] que ao abordarem o uso de HQ para introduzir tópicos, enfatizam os benefícios desse método, contribuindo para práticas investigativas ao envolver os alunos na trama e permitir uma abordagem orgânica dos temas, gerando diversos questionamentos durante a leitura. Nesse contexto, Araújo *et al.* [31] apresentam diversos argumentos adicionais para o emprego das HQ no ambiente escolar, incluindo o enriquecimento do vocabulário dos alunos e o estímulo ao pensamento lógico. Reconhecendo sua contribuição significativa para práticas que envolvem a leitura. Ao final, na última questão, solicitou-se uma avaliação geral e comentários sobre a HQ. Nove participantes atribuíram nota 10 (64,3%), quatro atribuíram nota 9 (28,6%), e um atribuiu nota 8 (7,1%).

Os participantes expressaram uma recepção positiva em relação a HQ. Um dos respondentes destacou: "P1 - gostei da arte e do balanceamento entre os tipos de diálogos". Essa observação ressalta a importância da qualidade visual e narrativa da HQ, que contribuem para sua atratividade e compreensão. Além disso, houve reconhecimento do potencial educativo da HQ. Um dos participantes afirmou: "P3 - material excelente para ser utilizado nas aulas de química. Uma forma também de trabalhar e incentivar a leitura." Essa opinião reflete a percepção de que a HQ pode servir como uma ferramenta pedagógica eficaz, não apenas para ensinar conceitos de química, mas também para estimular o interesse dos alunos pela disciplina.

Sugestões de aprimoramento também foram mencionadas. Por exemplo, um dos avaliadores comentou: "P14 - será necessária revisão conceitual e gramatical na história em quadrinhos Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa." Essa observação destaca a importância da precisão e correção dos conteúdos apresentados na HQ, especialmente quando se trata de temas científicos, o que foi realizado para a versão final.

Por fim, a solicitação para disponibilizar o material para uso em sala de aula demonstra o interesse dos professores em utilizar a HQ como recurso didático. Um dos participantes expressou: "P8 - gostaria de saber se vocês podem disponibilizar esse material para impressão ou em arquivo de compartilhamento via smartphone." Isso evidencia a relevância percebida da história em quadrinhos como uma ferramenta de apoio ao ensino de química.

De modo geral, as respostas dos participantes destacam a qualidade, o potencial educativo e a necessidade de ajustes da HQ "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa", ressaltando seu papel como uma ferramenta valiosa e atrativa para o ensino e aprendizagem em ciências. Essas respostas apontam para a viabilidade de considerar a aprendizagem tangencial como uma alternativa para fortalecer a compreensão de conceitos científicos.[32]

Dessa forma, pode ser considerada uma ferramenta propícia para a aprendizagem significativa em virtude do cenário apresentado, pois, para a elaboração de uma ação pedagógica com base em uma abordagem temática, é imprescindível estabelecer um ambiente favorável à aprendizagem significativa através de cenários desafiadores.[33,34]

4. Conclusão

O desenvolvimento da HQ Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa evidenciou a importância da articulação entre narrativa, elementos visuais e contexto histórico na abordagem da radioatividade no ensino de química. A história explora tanto os conceitos científicos envolvidos, como as características das radiações e suas aplicações, quanto às consequências da exposição ao rádio, ilustrando a tragédia vivida pelas "meninas do rádio" e a necessidade de regulamentações para garantir ambientes de trabalho seguros. Essa combinação de ciência e história permitiu a criação de um material que não apenas transmite informações, mas também estimula a reflexão crítica dos leitores sobre os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico.

A avaliação realizada com professores indicou que a HQ foi bem recebida, especialmente por sua abordagem contextualizada e pela clareza com que apresenta conceitos complexos relacionados à radioatividade. Apesar de desafios pontuais, como a presença de alguns termos técnicos, os docentes destacaram o aspecto lúdico da narrativa como um fator positivo, enfatizando que a combinação entre história e ciência favorece o engajamento dos estudantes. Além disso, a HQ foi considerada um recurso atrativo para despertar o interesse dos alunos pelo tema, tornando o aprendizado mais envolvente sem comprometer o rigor conceitual.

Dessa forma, a HQ "Garotas do Rádio e a Pintura Radioativa" se mostra um recurso didático promissor, aliando narrativa visual e conhecimento científico de maneira acessível. A receptividade dos professores reforça seu potencial para complementar o ensino de radioatividade no ensino médio, utilizando o caráter lúdico e narrativo da HQ como um meio de aproximar os alunos do conteúdo e estimular sua curiosidade científica.

Estudos adicionais podem explorar a recepção da HQ diretamente com os alunos, analisando seu impacto na aprendizagem e no interesse pelo tema da radioatividade. Outra abordagem relevante seria avaliar a aplicação desse material em outros níveis de ensino, como o fundamental e o superior, ou mesmo em contextos de educação não formal, como museus e projetos de divulgação científica. Acreditamos que a criação e avaliação de novas histórias em quadrinhos sobre diferentes temas da química poderiam

expandir essa linha de pesquisa, explorando o potencial das narrativas visuais para a educação científica em outros contextos.

Informações Suplementares

A versão completa da história em quadrinhos "Garotas do Rádio e a pintura radioativa", elaborada como recurso didático complementar para o ensino de radioatividade e utilizada no presente estudo, está disponível gratuitamente em https://rvq.sbq.org.br/pdf/ED2026-5108-MS.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pelo apoio institucional e pelas condições oferecidas para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem, também, aos professores do ensino médio participantes, cuja colaboração e contribuições foram fundamentais para a avaliação e aprimoramento do material educativo apresentado neste estudo.

Referências Bibliográficas

1. Farinella, M.; The potential of comics in science communication. *Journal of Science Communication* **2018**, *17*, 1. [Crossref]
2. Cruz, T. M. G. S.; Soares, M. H. F. B.; H'Química – O uso dos quadrinhos para o Ensino de Radioatividade. *Revista Temporis [ação]* **2016**, *16*, 289. [Link]
3. Leite, B. S.; Histórias em Quadrinhos e Ensino de Química: Propostas de Licenciandos para uma Atividade Lúdica. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae* **2017**, *1*, 58. [Crossref]
4. Borges, R. S.; Bandeira, C. C.; Luz Jr, G. E.; Interface entre as Histórias em Quadrinhos e o Ensino de Química: Uma Fonte de Informação e Incentivo à Leitura. *ACTIO: Docência em Ciências* **2020**, *5*, 1. [Crossref]
5. Aquino, F. F.; Fiorucci, A. R.; Benedetti Filho, E.; Benedetti, L. P. S.; Elaboração, Aplicação e Avaliação de uma HQ sobre Conteúdo de História dos Modelos Atômicos para o Ensino de Química. *Orbital: Eletronic Journal of Chemistry* **2015**, *7*, 53. [Crossref]
6. Symons, C. S.; Johnson, B. T.; The Self-Reference Effect in Memory: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin* **1997**, *121*, 371. [Crossref] [PubMed]
7. Lacerda, P. C. C.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Ouro Preto, 2019. [Link]
8. Santos, D. R.; *Ensino de Ciências da Natureza aos Alunos Surdos*, 1a. ed.; Editora Appris: Curitiba, 2017.
9. Oliveira, C. A. G.; Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula. *9ª Arte* **2022**, *10*, e198170. [Crossref]
10. Ausubel, D. P.; *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*, 1a. ed.; Plátano: Lisboa, 2003.
11. Anwar, Y.; Lowenstein, E. J.; Radium: Curie's Perpetual Sunshine. *JAMA Dermatology* **2015**, *151*, 801. [Crossref] [PubMed]
12. Van Maanen, J.; Reclaiming Qualitative Methods for Organizational Research: A Preface. *Administrative Science Quarterly* **1979**, *24*, 520. [Crossref]
13. Bardin, L.; *Análise de Conteúdo*, 1a. ed.; Edições 70: Lisboa, 1997.
14. Bueno, W. C.; Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. *Informação & Informação* **2010**, *15*, 1. [Link]
15. Martland, H. S.; Radium poisoning. *Monthly Labor Review* **1929**, *28*, 20. [Link]
16. Moore, K.; *The Radium Girls*; Simon & Schuster: London, 2016.
17. Evans, R. D.; Radium Poisoning: A Review of Present Knowledge. *American Journal of Public Health* **1933**, *23*, 1017. [Crossref]
18. McCloud, S.; *Desvendando os Quadrinhos*, 1a. ed.; Makron Books: São Paulo, 2005.
19. Leite, M. R. V.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2020. [Link]
20. Comparato, D.; *Da Criação ao Roteiro*, 5a. ed.; Rocco: Rio de Janeiro, 1995.
21. Júnior, A. F. S.; Rodrigues, F. C. D. M. G.; Histórias em Quadrinhos e Ensino de História: Olhares e Práticas. *OPSIS* **2013**, *13*, 66. [Crossref]
22. Francisco Júnior, W. E.; Uchôa, A. M.; Desenvolvimento e Avaliação de uma História em Quadrinhos: Uma Análise do Modo de Leitura dos Estudantes. *Educación Química* **2015**, *26*, 87. [Crossref]
23. Mayer, R. E.; *Multimedia Learning*, 3a. ed.; Cambridge University Press: New York, 2012.
24. Prado, C. C.; Sousa Júnior, C. E.; Pires, M. L.; Histórias em Quadrinhos: Uma Ferramenta para a Educação e Promoção da Saúde. *RECIIS* **2017**, *11*, 1. [Crossref]
25. Vigotsky, L. S.; A *Formação Social da Mente: O Desenvolvimento Social da Mente,* Martins Fontes: São Paulo, 2007.
26. Piaget, J.; *Epistemologia Genética*, Vozes: Petrópolis, 1970.
27. Soares, M. H. F. B.; *Jogos e Atividades Lúdicas para o Ensino de Química*, 1a. ed., Kelps: Goiânia, 2013.
28. Vergueiro, W.; Em *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*; Rama, A.; Vergueiro, W., Barbosa, A.; Vileta, T.; Ramos, P., eds.; 4a ed., Contexto: São Paulo, 2018, cap. 1.
29. Ryan, R. M.; Deci, E. L.; Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* **2000**, *25*, 54. [Crossref]
30. Nunes, J. M. V.; Mendes, S. F. M.; Oliveira, E. P.; Histórias em Quadrinhos: Recurso Motivador de Aprendizagem Significativa em Matemática. *Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins* **2018**, *5*, 76. [Crossref]
31. Araujo, C. S. O.; Gonçalves, C. B.; Dutra, L. B.; As Histórias em Quadrinhos (HQs) como Ferramentas que Possibilitam

Mobilizar as Diversas Áreas do STEAM. *Latin American Journal of Science Education* **2019**, *6*, 12026. [Link]

32. Leite, B. S.; Aprendizagem Tangencial no Processo de Ensino e Aprendizagem de Conceitos Científicos: Um Estudo de Caso. *Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação* **2016**, *14*, 1. [Crossref]
33. Freire, P.; *Pedagogia do Oprimido*, 42a. ed.; Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2005.
34. Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. C. A.; *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*, 4a. ed.; Cortez: São Paulo, 2002.