

## **brinQ penS: Um Tabuleiro de Ideias para Despertar a Educação Ambiental na Química**

### **brinQ penS: A Board of Ideas to Spark Environmental Education in Chemistry**

Débora E. Silveira,<sup>a</sup>  Roberta K. F. Marra,<sup>a</sup>  Bárbara V. Silva,<sup>a</sup>  Daniella R. Fernandes<sup>a,\*</sup> 

<sup>a</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Centro de Tecnologia, Instituto de Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

\*E-mail: [daniella@iq.ufrj.br](mailto:daniella@iq.ufrj.br)

Submissão: 24 de Setembro de 2025 – Aceite: 11 de Maio de 2026 – Publicado online: 20 de Maio de 2026

The growing concern with sustainability has driven increased reflection on environmental preservation. Critical Environmental Education, with its transdisciplinary approach, offers a holistic framework for understanding the relationship between society and the environment, and can be effectively integrated into high school Chemistry instruction. This study aimed to develop a board game as a didactic tool to teach Chemistry in a contextualized manner, incorporating environmental themes. The instructional sequence consisted of three stages: reading scientific articles, conducting a discussion-based class, and implementing the board game “brinQ penS.” The game included question cards and problem scenarios related to environmental Chemistry, organized by difficulty level to allow adaptation across different student groups. Applied in a 3rd-year high school class, the game facilitated content review, enhanced student engagement, and supported the development of critical thinking and decision-making skills. Pre- and post-activity assessments indicated improvements in chemical knowledge and increased environmental awareness among students.

**Keywords:** Chemical teaching; critical environmental education; board game; brinQ penS.

## **1. Introdução**

O ensino de Química no ensino médio enfrenta desafios recorrentes, especialmente relacionados à abstração dos conteúdos e ao desinteresse dos alunos. Nesse cenário, as metodologias ativas de aprendizagem têm se destacado como alternativas eficazes para tornar as aulas mais interativas e significativas. Ao valorizar o protagonismo estudantil, essas metodologias promovem a construção do conhecimento por meio da participação ativa, favorecendo o engajamento e a aprendizagem contextualizada.<sup>1</sup>

A Química Ambiental, por sua vez, é uma ciência central e multidisciplinar que busca compreender as reações químicas e substâncias envolvidas nos processos de poluição e degradação ambiental. Embora considerada uma área relativamente jovem, seu desenvolvimento ganhou força a partir do século XX, quando os impactos dos produtos químicos sobre o meio ambiente e a saúde humana passaram a ser evidenciados nas pesquisas científicas.<sup>2</sup>

O crescimento populacional está diretamente relacionado ao aumento das demandas humanas, tanto primárias quanto secundárias, o que intensifica a exploração de recursos naturais e, conseqüentemente, a degradação ambiental. Quando esse crescimento ocorre de forma

desordenada, os efeitos da poluição tornam-se mais graves, ultrapassando os limites de carga da Terra e comprometendo a base ecológica que sustenta a economia e a vida humana.<sup>3</sup>

Diante desse contexto, os problemas ambientais devem ser abordados de forma transversal na educação básica, com vistas à formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a construção de uma economia futura alinhada às necessidades sociais e ambientais. Embora o termo sustentabilidade esteja amplamente difundido, ainda persiste uma compreensão equivocada sobre seu verdadeiro significado.<sup>4</sup>

A proteção ambiental, os direitos humanos e o desenvolvimento sustentável são temas interconectados e presentes nas agendas nacional e internacional. Um marco importante nesse sentido foi a criação da Agenda 2030 pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015, que estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), organizados em torno dos chamados cinco P's: pessoas, planeta, prosperidade, parcerias e paz. No Brasil, o Decreto nº 8.892/2016 instituiu a Comissão Nacional para os ODS, reforçando o compromisso com metas globais adaptadas à realidade nacional.<sup>5,6</sup>

Considerando os ODS, é evidente que a Química pode e deve contribuir para o desenvolvimento sustentável, oferecendo

soluções para os desafios ambientais contemporâneos, tanto no setor industrial quanto nas áreas de pesquisa e educação. Nesse sentido, a Educação Ambiental (EA) e a Educação Ambiental Crítica (EAC) emergem como abordagens fundamentais para despertar a consciência ecológica e promover o compromisso com a preservação ambiental.

A EA possibilita ao educador contribuir para a formação de uma consciência ecológica e para o desenvolvimento de atitudes sustentáveis diante da crise ambiental vivenciada na atualidade. Entretanto, sua abordagem tradicional tende a apresentar um caráter instrumental, centrado na mudança de comportamentos individuais e na adoção de práticas cotidianas, como o consumo consciente e a reciclagem, sem considerar as dimensões sociais, políticas e culturais que permeiam a problemática ambiental.<sup>7,8</sup> De modo complementar, a EAC propõe uma pedagogia mais ampla e reflexiva, voltada à construção de uma consciência coletiva e transformadora, que incentiva a participação social e a busca por justiça ambiental.<sup>9,10</sup>

A inserção da temática ambiental no currículo escolar permite discutir a degradação dos ecossistemas e o uso excessivo dos recursos naturais. O ensino de Química, nesse contexto, torna-se um instrumento poderoso para fomentar a EA e a EAC, uma vez que o conhecimento químico é essencial para compreender os processos ambientais e suas transformações. O papel do docente é, portanto, sensibilizar os alunos sobre os problemas ambientais, estimular a reflexão crítica e promover comportamentos sustentáveis e ações coletivas voltadas à transformação social.<sup>11</sup>

Problemas como mudanças climáticas, poluição e extinção de espécies têm se agravado desde a Revolução Industrial, em função da industrialização, urbanização e uso excessivo de recursos naturais. A crescente conscientização ambiental tem gerado questionamentos sobre a preservação do planeta e o papel da ciência nesse processo.<sup>12</sup>

Apesar de ser uma área recente, a Química Ambiental é aquela que mais dialoga com o cotidiano dos alunos, permitindo a conexão entre os conteúdos escolares e os fenômenos ambientais vivenciados pela sociedade.<sup>2</sup> Sua natureza inter e transdisciplinar possibilita a articulação com outras disciplinas, como Física, Geografia e Biologia, além de abordar aspectos negativos — como desastres ambientais — e positivos, como a aplicação da Química Verde, Sustentável e Circular.<sup>13</sup>

Mesmo considerando o valor do ensino tradicional, é urgente a adoção de práticas educativas disruptivas, que complementem o modelo tradicional com metodologias mais ativas, capazes de formar cidadãos críticos e reflexivos diante dos desafios sociais e ambientais. Nesse contexto, destaca-se Paulo Freire por sua concepção de educação libertadora e crítica, e David Ausubel, por suas contribuições teóricas sobre a aprendizagem significativa, que ocorre quando o conteúdo estudado tem relevância para a vida do aluno.<sup>9,14</sup>

A temática ambiental, portanto, constitui um eixo interdisciplinar essencial, capaz de estimular a reflexão crítica sobre o impacto das ações humanas no meio ambiente. Ao integrar a EA ao ensino de Química, promove-se uma aprendizagem contextualizada e engajada, despertando a consciência ecológica dos estudantes.

Entre os recursos pedagógicos que favorecem essa abordagem, destacam-se os jogos didáticos, especialmente os de tabuleiro, por proporcionarem uma aprendizagem lúdica e prazerosa. Estudos apontam que os jogos são eficazes no ensino de Ciências, pois permitem a abordagem de conceitos complexos de forma acessível e dinâmica, favorecendo a fixação dos conteúdos, a participação ativa dos alunos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.<sup>15,16</sup>

Este trabalho apresenta a elaboração e aplicação do jogo de tabuleiro “brinQ penS”, voltado para o ensino de Química Ambiental. Elaborado a partir de uma sequência didática que inclui leitura de textos, roda de conversa temática e aplicação do jogo, o estudo teve como objetivo analisar o potencial desse recurso na promoção da aprendizagem significativa e na sensibilização ambiental de alunos do ensino médio.

## 2. Experimental

### 2.1. Elaboração do jogo de tabuleiro

O jogo foi construído com as seguintes partes: (01) um tabuleiro, (120) cento e vinte cartas, (04) quatro peões com cores distintas, (01) um dado, (01) um marcador de tempo, (01) um bloco de notas, (04) quatro cartões respostas, (01) um informativo com as regras do jogo e (01) uma caixa para armazenar o jogo.

A idealização do tabuleiro teve como foco uma contextualização da temática ambiental, com o uso de figuras e formas que mimetizassem as fontes de energias mais sustentáveis e a circularidade. A figura de um sol foi proposta como ponto de partida, utilizando uma analogia à energia solar abundante e limpa. O final do jogo foi representado por uma lâmpada, que traduz a ideia de uma solução ou resolução de problemas. Foram utilizadas setas circulares e círculos na diagramação do tabuleiro a fim de representar temas como circularidade e economia circular, de extrema relevância para uma química sustentável. Além disso, pensou-se na inclusão de figuras desenhadas, que refletissem situações ambientalmente mais amigáveis, como, por exemplo, processos de descarbonização em indústrias, o uso de energias mais limpas e sustentáveis; a coleta seletiva e o reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos, entre outras.

Com relação às cartas do jogo, estruturou-se uma divisão em 5 grupos distintos: (1) assuntos de nível fácil; (2) assuntos de nível médio; (3) assuntos de nível difícil;

(4) conhecimentos gerais – cartas desafio; e (5) dinâmicas interativas – cartas de “sorte ou azar”.

As cartas que correspondem aos assuntos de nível fácil, médio e difícil totalizam 90 unidades, e contêm perguntas referentes à Química, de acordo com o ano escolar, 1º, 2º ou 3º anos do ensino médio, mas contextualizadas com temáticas ambientais. Esses grupos de cartas foram diferenciados por cores, de acordo com o nível de dificuldade. Aquelas contendo os conteúdos de nível fácil apresentam a coloração verde; os de nível médio, amarela; e os de nível difícil, vermelha. Além disso, todas as cartas foram assinaladas com o seu devido grau de dificuldade e símbolos que traduzem diferentes tipos de reciclagem.

As perguntas foram elaboradas levando-se em consideração os conteúdos de química abordados em sala de aula, sempre associados a uma contextualização ambiental, de forma a promover uma correlação da ciência Química ao cotidiano dos alunos. Todas as cartas apresentam perguntas de múltiplas-escolhas, contendo quatro opções de respostas (a, b, c e d). Para uma melhor divulgação científica, a maioria das perguntas elaboradas foram fundamentadas em artigos científicos, que estão sinalizados no gabarito, possibilitando a consulta por parte dos docentes e discentes.

As cartas desafio, de coloração azul, totalizaram 18 unidades. Estas, foram elaboradas com perguntas de conhecimentos gerais, incluindo tópicos como Química Ambiental, sustentabilidade, química sustentável, economia circular, entre outros assuntos relacionados.

As cartas de sorte ou azar, de coloração roxa, totalizaram 12 unidades, e apresentam uma dinâmica diferente. Estas cartas foram criadas com situações ambientais que indicassem impactos negativos ou positivos. Então, os jogadores sofrem consequências no jogo, como por exemplo, um comando de “ande duas casas”, quando numa situação ambiental de sorte; ou sob um comando de “fique uma rodada sem jogar”, quando numa situação ambiental de azar. Idealizou-se para essas cartas desenhos gráficos que representassem situações de sorte ou azar, além da interrogação, símbolo presente no tabuleiro e que indica o momento da sua aplicação durante a dinâmica do jogo.

Outros componentes do jogo, que podem ser adquiridos prontos, incluem os peões, o dado, o marcador de tempo, o bloco de notas e uma caixa para armazenamento. Além desses, foram desenvolvidos dois elementos específicos: quatro cartões-resposta e uma folha com as regras de uso do jogo. Para a diagramação desses materiais, utilizou-se o programa *CanvaPro*, organizando ambos em uma única folha com o objetivo de reduzir a quantidade de itens a serem impressos. Os cartões-resposta foram elaborados com cores correspondentes às cartas de perguntas, facilitando a associação visual e a dinâmica do jogo.

Todas as informações dos componentes do jogo, sua

forma de construção e aplicação podem ser encontradas no *e-book* intitulado “Elaboração de um jogo de tabuleiro para o ensino de química com foco em temáticas ambientais”, que é um registro gráfico contendo a montagem do jogo e a estruturação da sequência didática.<sup>17</sup>

## 2.2. Aplicação prática da sequência didática com o jogo “brinQ penS”

O jogo foi aplicado em uma turma da terceira série do ensino médio de uma escola particular localizada em Rio das Ostras – RJ. Antes da aplicação, foi estruturada uma sequência didática composta por três etapas: (1) seleção e distribuição de artigos científicos relacionados aos eixos temáticos da Química Ambiental; (2) aplicação de um questionário diagnóstico, seguido de uma roda de conversa para aprofundamento dos temas abordados nos artigos; (3) realização da atividade lúdica com o jogo didático e aplicação de um questionário final com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos alunos após a vivência com o jogo.

### 2.2.1. Seleção dos artigos científicos e primeiro questionário avaliativo

Para seleção dos artigos levou-se em consideração o tema gerador central amplo, que é a Química Ambiental, além de eixos de discussão secundários, visando focar os conteúdos de química do ensino médio. Para este trabalho, foram utilizados os eixos secundários **fontes de energia** e **água**. A entrega dos quatro artigos e do primeiro questionário avaliativo ocorreu com a antecedência de uma semana da realização da roda de conversa, para que os alunos pudessem tomar conhecimento dos assuntos a serem abordados pelo professor, e para que o professor pudesse ter uma análise diagnóstica do conhecimento dos alunos sobre o papel da Química na preservação do meio ambiente e sua relação com o contexto da sala de aula.

O questionário avaliativo foi disponibilizado em formato digital, por meio da plataforma *Google Forms* ([link](#)), com prazo de uma semana para envio das respostas. O instrumento foi composto por 10 perguntas, sendo 9 estruturadas em escala *Likert* (variando de 1 a 5, onde o grau de concordância aumenta de 1 para 5 em todas as perguntas) e uma de resposta gráfica. Para essa última questão, foi solicitado aos alunos que elaborassem a resposta manualmente em uma folha de papel, e que em seguida, as respostas gráficas fossem fotografadas e anexadas ao formulário *Google*.

### 2.2.2. Segundo questionário avaliativo e roda de conversa

O segundo questionário, impresso e entregue presencialmente no mesmo dia, foi aplicado antes da roda de conversa e continha cinco perguntas discursivas relacionadas

a diferentes conteúdos de química. Seu objetivo era avaliar os conhecimentos prévios dos alunos e sua capacidade de lidar com questões-problema semelhantes às que seriam abordadas ao longo da sequência didática. Essa etapa teve duração aproximada de 30 minutos.

Em seguida, foi iniciada a roda de conversa com duração de 60 minutos. Para facilitar e orientar a discussão, foram utilizados *slides* com tópicos-chave, evitando o uso de textos extensos na apresentação. O primeiro eixo temático abordado foi a **água**, iniciado com a pergunta: “*Quais são as características físicas da água?*”. A partir dessa indagação, foram discutidos os seguintes tópicos: a) estados físicos; b) ponto de fusão e ebulição; c) pressão de vapor. Na sequência, a pergunta “*Quais são as características físico-químicas da água?*” conduziu à discussão dos temas: a) ligações químicas; b) geometria molecular; c) polaridade; d) forças intermoleculares. A terceira pergunta, “*Como a água chega em nossas casas?*”, possibilitou a abordagem dos seguintes conteúdos: a) substância pura e misturas; b) separação de misturas.

Para introduzir o segundo eixo temático, **fontes de energia**, discutiu-se a matriz energética brasileira, destacando sua predominância em fontes renováveis, especialmente a geração por usinas hidrelétricas. A partir disso, foram exploradas as diferenças entre fontes de energia renováveis e não renováveis, com ênfase nas vantagens, desvantagens e impactos ambientais de cada uma.

Ainda com o apoio dos slides, foram revisados assuntos da disciplina de Química relacionados às fontes de energia, incluindo: a) separação de misturas – destilação fracionada; b) compostos orgânicos e suas propriedades; c) reação de combustão; d) termoquímica; e) estequiometria; f) pilhas e eletrólise; g) chuva ácida; h) efeito estufa; i) biomassa – economia circular; j) aterro sanitário.

### 2.2.3. Execução do jogo

A turma na qual o jogo foi aplicado era composta por 45 estudantes e, para facilitar a dinâmica da atividade, foi dividida em duas equipes: uma com 23 alunos e outra com 22. Cada equipe foi subdividida em quatro grupos, sendo necessário o uso de dois tabuleiros por equipe. Em um dos tabuleiros, participaram quatro grupos de seis alunos (sextetos); no outro, três sextetos e um grupo de cinco alunos (quinteto), garantindo a participação equilibrada de todos os estudantes.

Para iniciar o jogo, cada equipe escolheu uma cor de peão e lançou o dado, o grupo que obteve o maior número no dado iniciou o jogo. As cartas ficaram com os textos virados para baixo, separadas pelas cores. Um participante fez o lançamento do dado e andou o número de casas correspondentes. Os peões seguiram o tabuleiro como descrito nas regras do jogo. Os alunos puderam se revezar ou consultar a equipe para responder as perguntas,

viabilizando, assim, a participação de todos. Ganhou o jogo a equipe que finalizou o tabuleiro em primeiro lugar. Os detalhes sobre as regras do jogo encontram-se no *e-book*.<sup>17</sup>

### 2.2.4. Verificação da aprendizagem pós-jogo

A verificação do interesse dos alunos pelos conteúdos de química, bem como da eficácia do jogo na promoção de uma aprendizagem significativa, foi realizada por meio da reaplicação do segundo questionário avaliativo, o mesmo utilizado no primeiro encontro, conforme descrito no item 2.2.2.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Elaboração do jogo de tabuleiro

Com o objetivo de abordar diversos tópicos da disciplina, despertar o interesse dos alunos, estimular o senso crítico e ampliar o engajamento nas aulas de Química, foi desenvolvido um jogo de tabuleiro com foco em Química Ambiental (Figura 1). O jogo contempla conteúdos previstos no currículo mínimo do ensino médio do Estado do Rio de Janeiro,<sup>18</sup> permitindo sua integração ao planejamento pedagógico. Intitulado “brinQ penS”, o jogo surgiu da necessidade de tornar o ensino de Química mais dinâmico e contextualizado, incentivando os estudantes a refletirem sobre situações cotidianas em que conceitos químicos estão presentes.

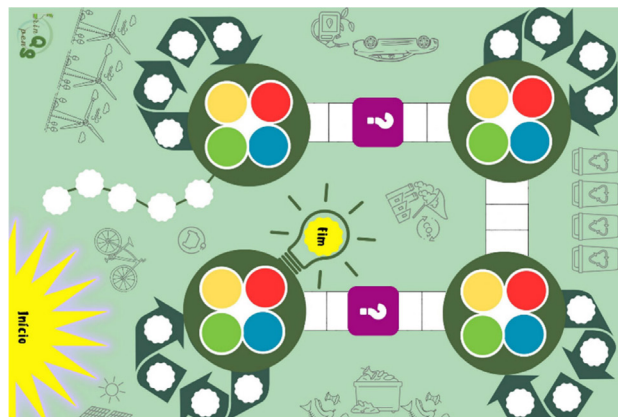


Figura 1. Tabuleiro do jogo

A ideia do nome do jogo surgiu da associação da brincadeira e do pensamento, ou seja, traduz uma forma divertida que o docente pode ter de ensinar química e de estimular o pensamento ambiental crítico dos discentes (Figura 2). Nessa mesma direção, e com o auxílio da ferramenta *CanvaPro*, foi criado um logotipo ou marca para o jogo de tabuleiro. As letras “Q” e “S” destacadas, fazem referência à Química e Sustentabilidade, respectivamente, e a letra “b” do termo “brinQ” foi substituída por uma figura de



Figura 2. Logomarca do jogo de tabuleiro

um balão de fundo chato contendo um líquido verde e uma planta, remetendo a ideia da química sustentável. Por fim, o círculo com efeito de um *looping* sugere a circularidade, assunto bastante discutido dentro de sustentabilidade.

Inspirados nos trabalhos de Oliveira, Souza e Vaz,<sup>19</sup> e Pippins,<sup>20</sup> que demonstraram o potencial motivador do uso de jogos de tabuleiro como recurso didático, promovendo entusiasmo e engajamento no processo de aprendizagem, este estudo buscou desenvolver um jogo criativo e com significado pedagógico. Essa prática alinha-se às teorias de Ausubel (1980),<sup>14</sup> ao facilitar a conexão de novos conhecimentos com estruturas cognitivas prévias, e de Freire (1996),<sup>9</sup> ao estimular o diálogo e a participação ativa dos estudantes.

Além de promover interação social por meio da dinâmica presencial, estimulando comunicação, colaboração e trabalho em equipe, os jogos de tabuleiro apresentam vantagens importantes em relação às ferramentas digitais, especialmente no que diz respeito à acessibilidade. Enquanto os recursos digitais dependem de dispositivos eletrônicos e conexão à internet, os jogos físicos podem ser utilizados em diferentes contextos educacionais, inclusive em ambientes com infraestrutura limitada.

O jogo “brinQ penS” se destaca pela sua possibilidade de aplicação em diferentes realidades escolares. Ele foi elaborado para ser utilizado nas três séries do ensino médio e ainda apresenta cartas modelo, para que o professor possa criar novas perguntas e desafios conforme a realidade local. Essa flexibilidade torna o recurso uma ferramenta de aprendizagem mais personalizada, inclusiva e significativa.

As cartas foram organizadas por cores, de acordo com o nível de dificuldade dos conteúdos abordados (Figura 3). Essa categorização visou facilitar a seleção das perguntas durante o jogo, permitindo uma progressão gradual no nível de complexidade.



Figura 3. (A) Frente das cartas contendo perguntas sobre química e contextualizadas ambientalmente, dividida por níveis de dificuldade; (B) Verso das cartas contendo perguntas sobre química e contextualizadas ambientalmente, dividida por níveis de dificuldade

As cartas do jogo possuem dimensões de 15 x 7 cm, tamanho idealizado para acomodar as perguntas com fontes adequadas à leitura durante a dinâmica. Para cada nível de dificuldade, as questões de química foram numeradas de 1 a 30. Os cartões de gabarito, destinados aos docentes, foram organizados por grupos de perguntas e identificados por cores correspondentes, facilitando a associação visual. Além das respostas, os gabaritos incluem referências bibliográficas sobre os temas abordados, permitindo que os professores consultem e se aprofundem nos conteúdos, caso desejem. A Figura 4 apresenta o modelo do cartão de gabarito referente ao nível fácil.

Assim como as cartas de conteúdo de química, as cartas desafio também foram numeradas e contam com um cartão de gabarito destinado ao docente. Já as cartas de sorte ou azar têm caráter lúdico e não exigem gabarito, pois seu objetivo é introduzir dinâmicas sustentáveis ao jogo. Essas cartas podem ser utilizadas pelos professores como ponto de partida para estimular a consciência ambiental entre os alunos, incentivando momentos de diálogo e

compartilhamento de exemplos semelhantes vivenciados por eles. As faces frontais e os versos dessas cartas estão ilustrados na Figura 5. As dimensões seguem o mesmo padrão das cartas de conteúdo de química (15 x 7 cm). Todas as cartas podem ser impressas e plastificadas, visando maior durabilidade do jogo.

Além do tabuleiro e das cartas, foram utilizados: peões, dado, marcador de tempo, blocos de nota e uma caixa para o jogo. Os peões, dado e blocos de notas foram comprados prontos, porém também podem ser feitos por impressão normal, seguido de montagem a partir de moldes e papel de gramatura maior. A caixa do jogo pode ser impressa e montada a partir de papelão, a critério do docente. Um modelo de arte foi elaborado para colagem na capa da caixa do jogo (Figura 6). Todos os moldes estão disponibilizados no *e-book*.<sup>17</sup>

Para o marcador de tempo, foi utilizado um cronômetro, no entanto, há possibilidade de utilizar uma ampulheta confeccionada com garrafa PET, visando o tema central do jogo que é a sustentabilidade, uma aula que poderia ser integrada à uma aula de artes. Alternativamente, também



Figura 4. Gabarito para o professor, com a citação de referências bibliográficas

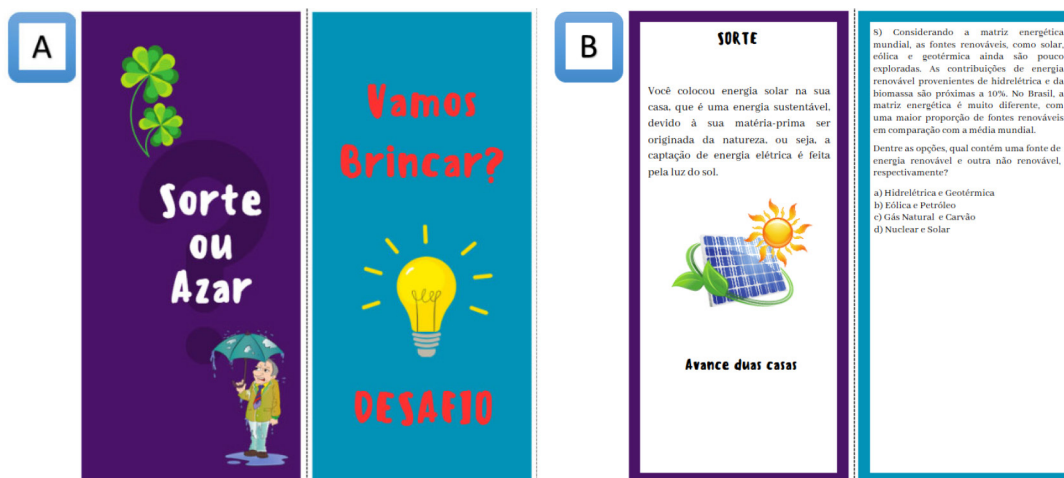


Figura 5. (A) Frente das cartas de desafio e sorte ou azar; (B) Verso das cartas de desafio e sorte ou azar



**Figura 6.** Fotografia do conjunto completo do jogo, incluindo os tabuleiros, todos os demais itens e a caixa personalizada com a logomarca, utilizada para armazená-lo

poderia ser usado um marcador de tempo digital, como um celular, por exemplo.

A Figura 6 apresenta o jogo “brinQ penS” elaborado nesse trabalho e todas as informações sobre o jogo encontram-se no *e-book*.<sup>17</sup>

### 3.2. Sequência didática de ensino

Conforme descrito na parte experimental, a aplicação do jogo “brinQ penS” envolveu uma sequência didática realizada em três momentos, conforme Quadro 1. A sequência foi aplicada pela docente, coautora deste trabalho, na turma de 3º ano do ensino médio, na qual ela lecionava. A aplicação nessa série permitiu o desenvolvimento do jogo sem limitações quanto aos conteúdos abordados, viabilizando a utilização integral do conjunto de cartas. Os alunos participantes já haviam revisitado todos os conteúdos de química do ensino médio, caracterizando, portanto, uma turma revisional.

Com uma semana de antecedência à roda de conversa, foram entregues aos discentes artigos científicos previamente

selecionados da revista *Química Nova na Escola*. A escolha desse periódico se deu por ser uma publicação brasileira de reconhecida relevância na área de ensino de Química, além de apresentar linguagem acessível, o que facilita a compreensão por parte dos estudantes do ensino médio.

O Quadro 2 apresenta os títulos e as referências dos artigos utilizados, permitindo visualizar os materiais que subsidiaram o debate e contribuíram para a construção do conhecimento de forma crítica e contextualizada.

A seleção dos artigos científicos teve como foco a Química Ambiental e dois eixos geradores complementares (**fontes de energia e água**) com o objetivo de ampliar a discussão e promover uma abordagem interdisciplinar. A utilização desse material buscou proporcionar aos discentes, pouco habituados a esse tipo de leitura no ensino médio, um primeiro contato com referências e pesquisas acadêmicas relevantes, além de estimular o diálogo com o professor durante a roda de conversa, contribuindo para alfabetização científica.<sup>9,25</sup>

Concomitantemente ao envio dos artigos aos alunos, foi disponibilizado um questionário avaliativo em formato

**Quadro 1.** Sequência didática aplicada para o uso do jogo “brinQ penS”, estruturada em três momentos distintos

Momento	Atividade Pedagógica	Tempo de Atividade
1	Disponibilização de artigo Aplicação do primeiro questionário avaliativo	1 semana
2	Aplicação do segundo questionário avaliativo Roda de conversa	30 minutos 60 minutos
3	Aplicação do jogo “brinQ penS” Avaliação final (reaplicação do segundo questionário avaliativo)	100 minutos 30 minutos

**Quadro 2.** Referência dos artigos utilizados para leitura prévia dos alunos, com os eixos secundários água e fontes de energia

Título / Link	Referência
Água - uma visão integrada <a href="http://qnesc.sbjq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf">http://qnesc.sbjq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf</a>	21
Recursos Minerais, Água e Biodiversidade <a href="http://qnesc.sbjq.org.br/online/cadernos/08/08-CTN6.pdf">http://qnesc.sbjq.org.br/online/cadernos/08/08-CTN6.pdf</a>	22
Células a combustíveis: Energia limpa a partir de fontes/renováveis <a href="http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf">http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf</a>	23
Petróleo: um tema para o ensino de química <a href="http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf">http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf</a>	24

digital, por meio da plataforma *Google Forms*. Para esse instrumento, foram elaboradas 10 perguntas (Figura 7), com o objetivo de auxiliar o docente na preparação para a etapa seguinte, identificando os conhecimentos prévios dos estudantes.

As questões foram pensadas para investigar se os alunos possuem consciência ambiental, se reconhecem a importância da Química na preservação do meio ambiente, e se conseguem estabelecer relações entre os conteúdos abordados em sala de aula e seu cotidiano. Além disso, o questionário buscou compreender a percepção dos alunos sobre aulas contextualizadas e o uso de jogos de tabuleiro como recurso didático.

As nove primeiras perguntas foram de marcação rápida, enquanto a décima questão solicitou uma resposta gráfica, na qual os alunos deveriam representar a correlação entre a Química e os impactos negativos no meio ambiente, propondo uma possível solução para mitigar esses efeitos.

### 3.3. Avaliação prévia e roda de conversa

Na semana seguinte, foi aplicado um segundo questionário avaliativo impresso, entregue aos alunos 30 minutos antes do início da roda de conversa. O objetivo, dessa vez, foi

avaliar os conhecimentos químicos dos estudantes antes das atividades da roda de conversa e do jogo didático, que visavam revisar e reforçar conteúdos previamente abordados. Ele foi composto por cinco perguntas, abordando temas como estequiometria, propriedades físico-químicas de compostos orgânicos, biodigestão, funcionamento de pilhas, e os modelos de economia circular e linear (Figura 8). As perguntas tinham a função de trazer assuntos de química diversos e contextualizados na temática ambiental e no cotidiano, com foco na introdução da dinâmica das perguntas do jogo didático.

Em seguida, foi realizada uma roda de conversa com os alunos, com o intuito de revisitar conteúdos de química e relacioná-los a temas relevantes e presentes em seu cotidiano, e teve duração de 60 minutos. Durante esse momento, discutiram-se os artigos previamente disponibilizados, buscando promover o protagonismo estudantil por meio da participação ativa dos discentes, com o professor atuando como mediador, conforme propõe Freire.<sup>9</sup> Para facilitar o diálogo, o docente utilizou *slides* ilustrativos com poucas palavras, priorizando imagens que estimulassem a fala dos alunos e permitissem a construção contextualizada da discussão (Figura 9). Os slides utilizados encontram-se no material suplementar (Figuras S1 a S8).

<p>1) Existe naturalmente uma fácil correlação entre os conteúdos de química abordados em sala de aula com as temáticas ambientais recorrentes no cotidiano.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>	<p>6) Levar para as salas de aulas exemplos cotidianos e correlacioná-los com os conteúdos de química aumenta o interesse pela disciplina de química.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>
<p>2) A ciência Química tem correlação com os impactos ambientais negativos observados no cotidiano.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>	<p>7) Você já teve, até o presente momento, algum professor que ensinasse a química dessa forma contextualizada?</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>
<p>3) Os conteúdos de química ensinados em sala de aula são importantes para amenizar os impactos ambientais negativos no cotidiano.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>	<p>8) O uso do jogo de tabuleiro é uma estratégia adequada para contextualização ambiental e o ensino de química.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>
<p>4) Você consegue perceber a importância do profissional da Química para a resolução dos problemas ambientais.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>	<p>9) Você consegue identificar exemplos de conteúdos de química abordados em sala de aula e correlacioná-los com exemplos ambientais cotidianos.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>
<p>5) A correlação dos conteúdos de química abordados em sala de aula com as questões cotidianas facilita a relação de ensino e aprendizagem.</p> <p><input type="radio"/> 1    <input type="radio"/> 2    <input type="radio"/> 3    <input type="radio"/> 4    <input type="radio"/> 5</p>	<p>10) Esboce em um papel um fluxograma de um mapa mental que possa correlacionar um conteúdo de química com um impacto ambiental negativo, salientando o aspecto negativo e uma possível solução para esse impacto.</p>

**Figura 7.** Primeiro questionário avaliativo enviado aos alunos

1 Observe a tabela abaixo, que indica o calor liberado na queima de 1 mol de três tipos de combustíveis.

Combustível	Massa Molar (g/mol)	Calor liberado na queima (kJ/mol)
H <sub>2</sub>	2	270
CH <sub>4</sub>	16	900
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46	1350

Qual será o combustível mais econômico (menor massa consumida) e o mais poluente (maior produção de massa de CO<sub>2</sub>), quando forem liberados 2700 kJ em cada queima?

2 Sabe-se que os pontos de ebulição do hexano e do etanol são 69°C e 78°C, respectivamente. Qual é a razão para essa diferença nos pontos de ebulição entre esses dois compostos?

3 Durante a biodigestão, são formados diversos gases, como **metano, hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, nitrogênio e água**.

a) Escreva as fórmulas moleculares dos gases citados acima.

b) Como o biodigestor contribui para a geração de energia renovável?

4 Observe os dois modelos de processos (a) e (b) e responda o que se pede:

Qual é o melhor modelo? Justifique a sua resposta.

5 Assim como no esquema acima, esquematize um exemplo prático de ambos os modelos: linear e circular, indicando o que seria cada uma dessas etapas.

Figura 8. Segundo questionário avaliativo entregue presencialmente aos alunos

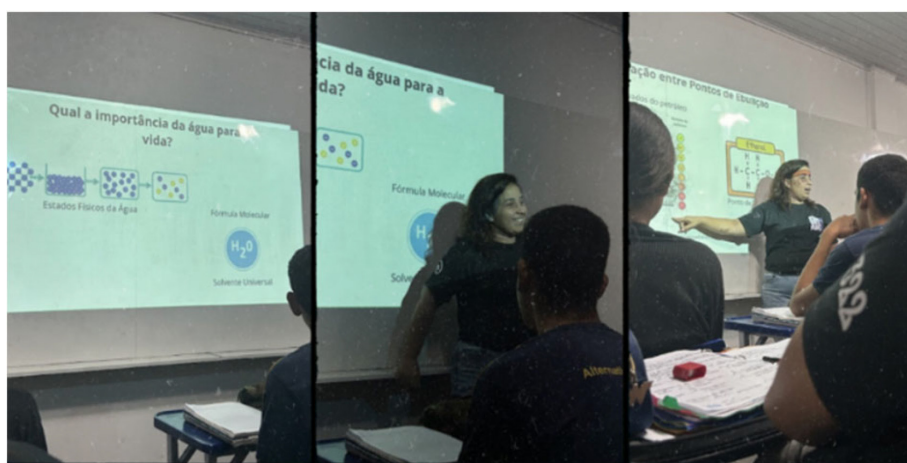


Figura 9. Registro fotográfico da roda de conversa, momento em que a docente apresenta um dos slides utilizados como apoio visual durante a atividade

Seguem as perguntas feitas para instigar os alunos a respeito do primeiro eixo temático de discussão, a **água**:

- a) “Quais são as características físicas da água?” (Figura S1) - A partir dessa questão, os alunos exploraram os estados físicos da água: sólido, líquido e gasoso. Esse ponto de partida permitiu aprofundar a discussão sobre os estados de agregação molecular, temperaturas de fusão e ebulição, pressão de vapor, além da distinção entre substância pura e mistura.<sup>26,27</sup>
- b) “Quais são as características físico-químicas da água?” (Figura S2) - Neste momento, foram revisados conceitos fundamentais como ligações químicas, geometria molecular, polaridade e forças intermoleculares. Para ilustrar esses conceitos, comparou-se a molécula da água com outra molécula triatômica, como o CO<sub>2</sub>, destacando

as diferenças na geometria molecular que influenciam diretamente na polaridade e nas forças intermoleculares. Explicou-se que a elevada diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e oxigênio permite a formação de interações entre moléculas de água, conhecidas como ligações de hidrogênio. Essas interações são responsáveis por diversas propriedades da água, como o ponto de fusão, a capacidade calorífica e a pressão de vapor.<sup>28</sup>

Além disso, foi promovida uma discussão sobre os diferentes pontos de ebulição dos hidrocarbonetos derivados do petróleo. Esse tema serviu para reforçar os conceitos de forças intermoleculares, especialmente as forças de London, que são predominantes nesses compostos. A partir dessa base, estabeleceu-se uma correlação entre os pontos de

ebulição dos hidrocarbonetos e a intensidade dessas forças. Outros exemplos de moléculas orgânicas contendo grupos funcionais também foram abordados, como álcoois, ácidos carboxílicos, cetonas e aminas. Comparações entre os pontos de ebulição desses compostos e os dos hidrocarbonetos foram realizadas, considerando séries homólogas, o que permitiu evidenciar o impacto das diferentes forças intermoleculares nas propriedades físicas das substâncias.<sup>29</sup>

Oportunamente, revisaram-se os conceitos de solubilidade dos compostos orgânicos, bem como a nomenclatura e os principais grupos funcionais. Essa abordagem contribuiu para consolidar o entendimento dos alunos sobre a estrutura molecular e o comportamento químico das substâncias orgânicas, reforçando a relação entre propriedades físico-químicas e características estruturais.

A terceira pergunta feita aos alunos foi:

- c) “Como a água chega em nossas casas?”. Para abordar esse tópico, foi projetada uma imagem representando uma estação de tratamento de água (Figura S3), destacando as principais etapas envolvidas nesse processo. Aproveitou-se esse momento para relembrar a diferença entre substância pura e mistura (homogênea e heterogênea), ressaltando que, embora a água seja uma substância pura em sua forma ideal, a água mineral consumida no cotidiano é uma mistura, devido à presença de diversos sais e minerais dissolvidos. Ainda dentro desse contexto, os alunos foram provocados a refletir sobre os diferentes métodos de separação de misturas. As etapas do tratamento da água foram utilizadas como exemplos práticos para ilustrar técnicas como filtração, decantação, cloração e floculação, promovendo uma compreensão mais aplicada dos conceitos teóricos.<sup>30</sup>

O eixo de discussão **água** possibilita ao docente introduzir uma consciência ambiental crítica nos alunos quanto ao uso sustentável da água. O docente pode discutir mais especificamente questões de conservação, tratamento e o reuso sustentável da água. Dessa forma, contribui-se para mudanças dos padrões de uso e partilha dos recursos naturais, direcionando os alunos a modos de vida mais sustentáveis, justos e solidários, em consonância com vários dos ODS, especialmente àqueles que versam sobre saúde e bem-estar (ODS 3), água potável e saneamento (ODS 6) e cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11).<sup>31</sup>

Na sequência, foi introduzido o segundo eixo de discussão: **fontes de energia**. Iniciou-se com a pergunta: “Qual a importância da água como fonte de energia?”, à qual os alunos responderam mencionando o uso de hidrelétricas. Em seguida, foi feita uma nova pergunta: “Qual o tipo de fonte de energia mais utilizada no Brasil?”. A maioria da turma respondeu que são os combustíveis fósseis. A partir dessa resposta, foi apresentado aos alunos um gráfico comparativo da matriz energética mundial e brasileira (Figura S4). Os

estudantes demonstraram surpresa ao perceber que a matriz energética do Brasil difere significativamente da mundial, destacando-se pela predominância de fontes renováveis em nosso país.<sup>32</sup>

Dentro desse eixo temático, também foram discutidas as principais diferenças entre fontes de energia renováveis e não renováveis (Figura S5), abordando suas vantagens e desvantagens. A discussão enfatizou especialmente o impacto ambiental associado a cada tipo de fonte, promovendo uma reflexão crítica sobre a sustentabilidade e os desafios da matriz energética atual. Além disso, as Figuras S4 e S5 possibilitaram a abordagem dos conteúdos relacionados à composição química do petróleo, da biomassa e de seus derivados, bem como a discussão sobre suas propriedades físico-químicas, as reações de combustão e suas estequiometrias, além dos processos de separação por destilação fracionada do petróleo.

Em fontes de energia renováveis, o enfoque maior foi realizado sobre a biomassa, por ser um tema em que os alunos apresentaram maior dificuldade de compreensão. Ao serem indagados sobre a classificação do etanol como uma fonte de energia renovável, surgiu um debate entre os grupos. Alguns participantes defenderam que o etanol deve ser classificado como uma fonte renovável, baseando-se em sua origem vegetal. Em contraste, outros argumentaram que o etanol tem sua origem em combustíveis fósseis, o que gerou uma discussão sobre a natureza e a sustentabilidade desse combustível. A partir desta discussão, foi elucidado o conceito de biomassa como sendo todo recurso renovável proveniente de matéria orgânica, seja ela de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia, como a madeira, cana-de-açúcar, gases provenientes de aterros e esgotos (biogás), óleos vegetais (biodiesel), açúcar (etanol) e muitos outros. Ainda sobre o etanol, ressaltou-se que este é uma fonte de energia mais limpa, pois emite uma quantidade muito menor dos gases do efeito estufa, quando comparado à gasolina.<sup>33</sup>

Destacou-se, ainda, a diferença entre lixões e aterros sanitários. Nos lixões, o lixo é depositado de forma desordenada e não recebe tratamento adequado, resultando em sérios impactos ao meio ambiente, como contaminação do solo, da água e liberação de gases poluentes. Em contrapartida, os aterros sanitários possuem uma estrutura que permite minimizar tais problemas, como a impermeabilização do solo que impede a infiltração do chorume e mecanismos que capturam os gases tóxicos, como o metano. O descarte do lixo em aterros, além de proteger o ecossistema, também contribui para a saúde pública, evitando a proliferação de doenças.<sup>34</sup>

No âmbito deste estudo, os participantes foram indagados sobre a classificação da usina nuclear como uma fonte de energia limpa em termos de emissões de gases poluentes. Em resposta quase unânime, os discentes expressaram uma visão contrária a essa classificação. Em seguida, foi promovida uma

discussão sobre os argumentos que sustentam essa visão, destacando-se a baixa emissão de gases de efeito estufa e a alta eficiência energética das usinas nucleares. Essa abordagem permitiu ampliar a compreensão dos alunos sobre os critérios utilizados para definir uma fonte de energia como limpa, incluindo aspectos ambientais, tecnológicos e sociais.<sup>35</sup>

Apesar do tema não ter gerado muitas dúvidas, houve grande participação dos alunos que relembrou os contextos históricos desde a revolução industrial, onde o carvão desenvolvia um papel fundamental na geração de energia, até os dias atuais.

Após a discussão sobre os combustíveis e suas emissões de CO<sub>2</sub>, os alunos foram questionados sobre as consequências das emissões de poluentes na atmosfera. Os assuntos levantados foram o efeito estufa e a chuva ácida (Figura S6). Nestes, foi possível abordar as funções inorgânicas, principalmente na temática da chuva ácida. Relembrou-se as diferenças entre ácidos, bases, sais e óxidos, bem como os conceitos de pH.<sup>36,37</sup>

Para finalizar a roda de conversa, discutiu-se algumas soluções sustentáveis (Figura S7) que poderiam ser adotadas. Além da reciclagem, tema já conhecido pelos alunos, foram apresentadas outras ideias, como a circularidade. Introduziu-se os modelos de economia linear *versus* o circular, utilizando-se como exemplo a indústria da moda. Além desta solução, mencionou-se a compostagem e o uso do hidrogênio como combustível.<sup>38</sup>

A docente também abordou o uso do hidrogênio como combustível, destacando sua obtenção por meio da eletrólise da água. Esse processo o caracteriza como uma fonte de energia renovável e não poluente, com potencial para trazer inúmeros benefícios ao meio ambiente, especialmente na redução das emissões de gases de efeito estufa. Como tópicos finais da discussão, foi feita uma breve explanação sobre a diferença entre eletrólise e pilha, com a retomada das equações de oxidação e redução envolvidas em cada processo (Figura S8), reforçando os conceitos de reações redox e suas aplicações energéticas.<sup>39</sup>

Todos os assuntos discutidos no eixo **fontes de energia** propiciam uma visão ampla das questões sociais, econômicas e ambientais, despertando nos alunos o entendimento do conceito e a necessidade de caminhar na direção do desenvolvimento sustentável. Assim, o professor passa a atuar como agente facilitador da aprendizagem, preparando o estudante para uma formação voltada ao desenvolvimento da cidadania efetiva. Da mesma maneira que **água**, o eixo **fontes de energia** também possibilita o enquadramento dos assuntos abordados em diferentes ODS, como a erradicação da pobreza (ODS 1), energia limpa e acessível (ODS 7) e consumo e produção responsáveis (ODS 12).<sup>31</sup>

A participação dos alunos na roda de conversa foi bastante ativa, com atenção, questionamentos e retomada

de diversos conceitos. No entanto, menos de 30% da turma afirmou ter lido ao menos um dos artigos enviados. Apesar da baixa adesão à leitura, os estudantes demonstraram grande interesse durante as discussões, especialmente em temas mais complexos, como reações de combustão e estequiometria. Esse comportamento indica que, embora a leitura não seja o principal meio de engajamento, a troca oral em sala de aula se mostra eficaz para estimular o aprendizado e aprofundar o entendimento dos conteúdos.

A baixa adesão à leitura entre jovens brasileiros está ligada a fatores como falta de incentivo familiar e desigualdade socioeconômica em ambientes escolares pouco acolhedores. A ausência de apoio emocional, o acesso limitado a materiais de leitura e a presença de *bullying* nas escolas contribuem para o desinteresse. Esses desafios reforçam a necessidade de ações que promovam a leitura tanto em casa quanto na escola, com mais acesso, incentivo e ambientes positivos.<sup>40,41</sup>

Além dos conteúdos abordados nas aulas temáticas deste trabalho, o docente que desejar reproduzir essa sequência didática poderá incluir outros eixos de discussão e conteúdos. Para exemplificar, foram elaborados três mapas conceituais que funcionam como fluxogramas orientadores das aulas, tendo como tema central o meio ambiente e como eixos secundário as **fontes de energia** e a **água**. Esses mapas podem ser visualizados no *e-book*.<sup>17</sup>

#### 3.4. Aplicação do Jogo “brinQ penS” e avaliação final

No encontro seguinte, o jogo foi realizado com dois tabuleiros (Figura 1), onde em cada um, integrava-se uma equipe, composta por quatro grupos representados por peões de cores diferentes. Em cada tabuleiro, um aluno ficou responsável por controlar o tempo e conferir os gabaritos. A dinâmica promoveu maior participação e interação entre os alunos, estimulando a socialização durante a atividade. Todas as atividades foram mediadas pela docente, que se encontrava atenta para dúvidas e discussões pertinentes ao jogo.

Segundo os grupos, a maioria das perguntas do jogo não apresentou alto grau de dificuldade. No entanto, os alunos apontaram divergências entre a classificação feita pelo docente e sua própria percepção: questões consideradas fáceis, como as de geometria molecular, foram vistas como difíceis, enquanto temas como fontes de energia e reciclagem, mesmo em cartas de nível difícil, foram frequentemente percebidos como simples. Isso mostra que a contextualização influencia diretamente na percepção de dificuldade.

Além disso, as questões que exigiam cálculos, independentemente do nível, apresentaram maior índice de erros. Esse padrão pode estar relacionado à gestão do tempo, à pressão da competição e à necessidade de maior domínio dos conteúdos, fatores que aumentam a chance de falhas. Essas costumam ser as questões mais desafiadoras,

pois envolvem maior atenção cognitiva e raciocínio lógico por parte dos alunos.

Durante o jogo, a docente permitiu que os alunos tivessem acesso à tabela periódica, pois algumas cartas precisavam de informações como identificar o grupo e período do elemento químico, classificar o elemento químico como metal, ametal ou gás nobre, número atômico e número de massa. Essa atividade, de certa forma, induz nos alunos uma maior familiaridade e afeição a essa ferramenta química de grande importância.

Em cada rodada, os membros do grupo tiveram a oportunidade de discutir entre si para tomar decisões e elaborar estratégias antes de responder à pergunta da carta. Essa troca promoveu cooperação, comunicação e trabalho colaborativo. Quando havia discordância entre os integrantes, adotava-se o voto da maioria, permitindo que os alunos exercitassem a resolução de conflitos de forma construtiva.

Durante o jogo, os alunos puderam se comunicar e colaborar efetivamente em equipe, o que contribuiu para o desenvolvimento do raciocínio lógico e de estratégias de resolução de problemas. A cada resposta correta, a equipe expressava entusiasmo e comemorava em conjunto, mantendo um alto nível de respeito e cordialidade ao longo de toda a partida. Mesmo diante de erros, os alunos buscavam o professor para esclarecer dúvidas, demonstrando compromisso com a aprendizagem e interesse genuíno pelos conteúdos abordados. O engajamento dos alunos reforça a eficácia do jogo como recurso pedagógico, ao estimular não apenas o conhecimento conceitual, mas também habilidades socioemocionais e autonomia no aprendizado.<sup>42</sup>

Devido à limitação de tempo, o tabuleiro não pôde ser concluído. A equipe vencedora chegou ao terceiro círculo, respondendo 15 cartas, restando apenas uma etapa para finalizar o jogo. Embora a conclusão não fosse essencial

para a avaliação, a competitividade entre as equipes gerou certa frustração, apesar do entusiasmo demonstrado a cada acerto. A atividade lúdica mostrou-se eficaz na motivação dos alunos, evidenciando o equilíbrio entre o caráter didático e o aspecto recreativo no ambiente escolar.<sup>43</sup> Os resultados obtidos com a aplicação do jogo estão em consonância com os trabalhos de Shimabukuro (2022),<sup>44</sup> Pippins (2011)<sup>20</sup> e Oliveira, Souza e Vaz (2015),<sup>19</sup> que também relataram uma recepção positiva por parte dos alunos, marcada por elevado interesse e entusiasmo durante a dinâmica.

Vale ressaltar que, neste estudo, a roda de conversa foi essencial para esclarecer dúvidas e introduzir conceitos pouco abordados em sala de aula, como economia linear e circular e o funcionamento de biodigestores, com foco em suas implicações ambientais. Essa atividade preparatória contribuiu para que os alunos se sentissem mais preparados e confiantes para participar do jogo, fortalecendo o senso de construção do saber.

### 3.5. Verificação do ensino-aprendizagem

Conforme descrito no item 3.2, o primeiro questionário avaliativo foi composto por 10 perguntas, sendo 9 de resposta objetiva e uma de resposta gráfica. O *link* para acesso ao questionário foi disponibilizado aos alunos previamente à realização da roda de conversa. Dos 45 alunos, apenas 10 participaram. A última pergunta (número 10), infelizmente, não foi respondida por nenhum dos discentes. Dos alunos que não responderam, alguns relataram problemas na conexão com a internet. Os gráficos que mostram os resultados das respostas dos 10 alunos estão apresentados na Figura S9.

Apesar da baixa adesão ao primeiro questionário avaliativo, observou-se que os poucos alunos que participaram dessa atividade avaliativa mostraram uma tendência de



**Figura 10.** Registro fotográfico do início da aplicação do jogo, com as equipes organizadas nos tabuleiros durante o 1º e 2º ciclo de perguntas

reconhecimento da relação entre os conteúdos de química e as questões ambientais, geralmente associando a disciplina aos impactos negativos. No entanto, também demonstraram consciência de que o conhecimento químico pode contribuir para reduzir esses impactos, por meio de ações individuais e disseminação de informações que promovem mudanças de hábitos. Mesmo com poucos participantes, o questionário aplicado antes da roda de conversa revelou uma postura favorável às mudanças de hábito.

Por fim, em linhas gerais, a temática ambiental parece ser uma excelente forma de motivar o ensino de Química, pois é capaz de aproximar essa ciência das vivências dos alunos. Alguns alunos participantes da atividade enfrentam situações reais de escassez e poluição da água, sofrem com enchentes em suas comunidades ou utilizam energia solar em suas residências. Assim, o interesse de alguns alunos torna-se maior devido ao vínculo com suas próprias experiências.

O segundo questionário avaliativo, que contém 5 perguntas discursivas, abrangeu diferentes conteúdos de química, onde pretendeu-se verificar a desenvoltura dos discentes quanto a resolução de questões problemas (item 3.3, Figura 8). O questionário foi aplicado em dois momentos distintos: inicialmente, antes da roda de conversa, e posteriormente, na semana seguinte à aplicação do jogo. Como esse questionário foi impresso, todos os 45 alunos participaram dessa atividade avaliativa. Portanto, sugere-se fortemente que os docentes que vierem a aplicar essa sequência didática, que prefiram os questionários impressos ou até mesmo que ofereçam bônus para promover uma maior participação dos alunos para essas atividades avaliativas.

Com a aplicação prévia do segundo questionário, avaliou-se os conhecimentos já adquiridos dos discentes, assim como a capacidade do aluno de aprender os assuntos abordados nos artigos enviados, sem a interferência do docente. Na reaplicação, após o uso do recurso educacional, o

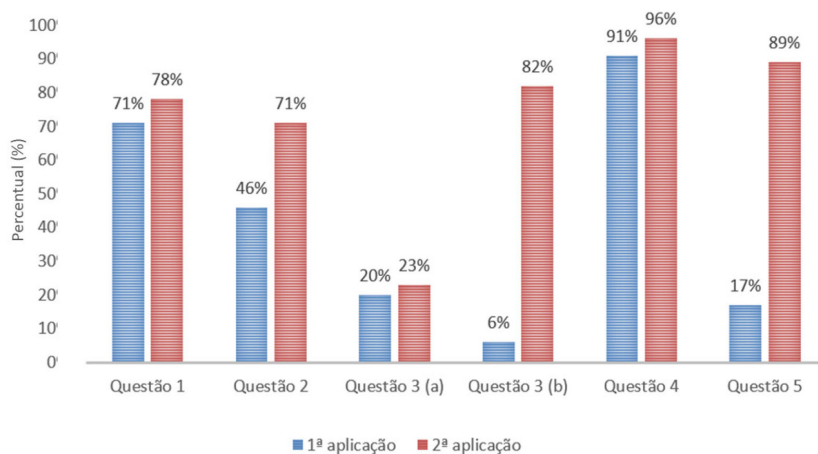
jogo “brinQ penS”, foi possível observar a influência positiva da sequência didática na relação ensino-aprendizagem e na promoção de uma educação ambiental crítica. A Figura 11 apresenta o gráfico do aproveitamento por questão das duas aplicações do segundo questionário avaliativo.

A primeira pergunta do questionário abordou conceitos de estequiometria, associando cálculos de combustão dos combustíveis hidrogênio ( $H_2$ ), metano ( $CH_4$ ) e etanol ( $C_2H_5OH$ ). Na primeira aplicação, aproximadamente 71% dos 45 alunos conseguiram responder corretamente à pergunta, relacionando o  $H_2$  como o combustível menos poluente e o  $C_2H_5OH$  como o mais poluente. Dos 13 alunos que não obtiveram êxito, 8 deixaram a resposta em branco. Já na segunda aplicação, todos os alunos responderam a essa questão, não havendo respostas em branco, e 78% dos alunos responderam de forma correta.

Na segunda pergunta, foi abordado o conceito de forças intermoleculares, e os discentes deveriam justificar a diferença entre os pontos de ebulição do hexano e do etanol. Na aplicação anterior à roda de conversa, apenas 46% correlacionaram corretamente as forças envolvidas. Após o uso do recurso didático, esse número subiu para 71%. A maioria dos alunos associaram erroneamente um maior ponto de ebulição com o maior tamanho da cadeia carbônica do hexano, ignorando a presença do grupo hidroxila no etanol, responsável por formar ligações de hidrogênio, mais fortes que as forças de London predominantes no hexano. O aluno A1, por exemplo, apresentou a seguinte resposta equivocada para justificar um maior ponto de ebulição para o hexano:

“Porque quanto maior o tamanho da molécula, maior seu ponto de ebulição”. (Aluno A1)

Os alunos que reconheceram a função orgânica presente, não perceberam a correlação com às forças intermoleculares presentes em cada molécula e, principalmente, que as forças



**Figura 11.** Percentual de acerto dos alunos no segundo questionário avaliativo, na primeira (antes da roda de conversa) e na segunda aplicação (ao final das atividades)

intermoleculares mais fortes acarretariam no aumento do ponto de ebulição dessa substância. As respostas dos alunos A2 e A3 refletem essa afirmação.

“O álcool (etanol) possui ponto de ebulição superior aos hidrocarbonetos (hexano)”. (Aluno A2)

“Porque o álcool tem um ponto de ebulição maior”. (Aluno A3)

E, por fim, alguns alunos conseguiram responder à questão de forma mais assertiva, como os estudantes A4 e A5, considerando os conhecimentos normalmente abordados sobre o tema no ensino médio.

“Porque os pontos de ebulição se diferem devido às interações intermoleculares, dipolo induzido no hexano e ligação de hidrogênio no etanol. (Aluno A4)

“O ponto de ebulição do etanol é maior pois se trata de um álcool, apresentando uma ligação de hidrogênio, que é uma força intermolecular maior que o dipolo induzido (presente no hexano)”. (Aluno A5)

Nesta questão, nenhum aluno correlacionou a propriedade de pressão de vapor das substâncias com o ponto de ebulição. Por definição, o ponto de ebulição normal é a temperatura na qual a pressão de vapor de um líquido se iguala à pressão externa aplicada sobre ele, neste caso, 1 atmosfera.<sup>45</sup> A pressão de vapor, por sua vez, é uma propriedade intrínseca de cada substância e tende a aumentar com a elevação da temperatura. Embora essa abordagem conceitual não tenha sido explorada com os alunos durante a roda de conversa, visto que, no ensino médio, é mais comum explicar as variações no ponto de ebulição com base nas interações intermoleculares em séries homólogas, vale lembrar que essa explicação não se aplica a todas as substâncias orgânicas. Em muitos casos, como na comparação entre água e tolueno, não é possível estabelecer uma correlação direta entre ponto de ebulição e forças intermoleculares, sendo necessário considerar a pressão de vapor em determinadas temperaturas.<sup>27</sup>

A questão três foi dividida em duas partes (a e b). A primeira parte visou tratar sobre fórmulas moleculares. Foram apresentadas sete moléculas em sua forma gasosa presentes durante a biodigestão: metano, hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, nitrogênio e água. Observou-se que não houve um expressivo número de questões em branco, porém, poucos acertaram a questão completa. A maioria não identificou ou errou ao indicar o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ). Para os gases hidrogênio ( $H_2$ ) e nitrogênio ( $N_2$ ), os alunos não indicaram corretamente o número de átomos presente nas fórmulas moleculares, representando-os em sua forma de átomos de H

e N, respectivamente. Nesta questão, o número de acertos e erros entre a primeira e a segunda aplicação apresentou pouca variação, demonstrando a grande dificuldade dos discentes em correlacionar as fórmulas moleculares com os nomes das substâncias. Já na segunda parte da questão (letra b), os alunos foram questionados sobre a contribuição do biodigestor para a geração de energia renovável. Num primeiro momento, 94% dos alunos optaram por não responder à questão, indicando desconhecimento sobre o que é um biodigestor. Entre os que forneceram respostas, destacam-se as contribuições dos alunos A6 a A8.

“O biodigestor contribui através da transformação da matéria, liberando gases”. (Aluno A6)

“Decomposição da matéria orgânica por bactérias metanogênicas”. (Aluno A7)

“Usa a decomposição da matéria orgânica que produz o biogás”. (Aluno A8)

Já no segundo momento, 82% da turma respondeu à questão, alguns exemplos das respostas obtidas são dos alunos A9 a A12.

“Através do processo é gerado biogás, uma forma de produção de energia limpa e renovável”. (Aluno A9)

“O biodigestor reutiliza os gases liberados para a transformação energética, utilizando os mesmos para a produção de energia”. (Aluno A10)

“Produzindo biogás, pela decomposição da matéria orgânica”. (Aluno A11)

“Pois consumindo matéria orgânica na ausência de oxigênio, obtém-se uma diminuição das emissões de CO e  $CO_2$  (alguns outros gases poluentes também) na atmosfera”. (Aluno A12)

Na questão número quatro, a proposta central foi diferenciar os modelos de processos linear e circular. Esses conceitos econômicos, até então desconhecidos pelos alunos, foram introduzidos e discutidos durante a roda de conversa. Diferentemente das questões anteriores, a maioria dos alunos identificou, em ambas as aplicações do questionário, que o modelo circular (modelo B) era o mais adequado, principalmente por envolver a reciclagem de produtos. Essa percepção resultou em respostas assertivas de 91% dos alunos na primeira aplicação e de 96% na segunda. O esquema gráfico apresentado mostrou-se autoexplicativo, permitindo que até mesmo os alunos que não haviam aprendido formalmente sobre esses modelos de economia reconhecessem, de forma intuitiva, a relevância do modelo circular para uma economia mais sustentável.

A última questão foi associada à anterior, que tratava dos modelos de processos linear e circular. No entanto, desta

vez os alunos precisaram esquematizar exemplos próprios de aplicação de ambos os modelos. Na primeira aplicação do questionário, realizada antes da roda de conversa, menos de 20% dos alunos responderam à questão. Entre esses, alguns apenas copiaram o modelo apresentado na questão 4, sem propor um exemplo distinto. Os que compreenderam o propósito da atividade utilizaram, majoritariamente, a árvore como exemplo de matéria-prima.

Já na segunda aplicação, após a roda de conversa e o jogo de tabuleiro, 89% dos alunos conseguiram esquematizar exemplos conforme solicitado. Por outro lado, 11% deixaram a questão em branco ou repetiram o esquema anterior, sem demonstrar evolução na aprendizagem. Entre os que responderam, foram observados exemplos que utilizaram como matéria-prima árvores, petróleo e algodão — este último relacionado à produção de roupas. A Figura 12 ilustra alguns dos esquemas elaborados pelos alunos.

De modo geral, considera-se que a sequência didática elaborada contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento do conhecimento químico articulado às abordagens da EA e da EAC. As etapas propostas favoreceram momentos de problematização, reflexão e diálogo, permitindo que o aprendizado se construísse de maneira participativa e significativa entre professor e alunos.

A proposta foi fundamentada nos pressupostos de Paulo Freire<sup>9</sup> e David Ausubel,<sup>14</sup> cujas concepções, embora distintas em alguns aspectos, convergem na valorização do protagonismo do estudante e dialogam com os princípios das metodologias ativas de aprendizagem. Portanto, foi possível observar o aluno como agente central do processo educativo, participando ativamente da construção do conhecimento.

A metodologia ativa empregada nesse trabalho incorporou tanto a dimensão emancipatória e reflexiva proposta por Freire, ao promover o diálogo e a participação crítica,<sup>9</sup> quanto o princípio da aprendizagem significativa de Ausubel, ao valorizar a construção de sentido e o conhecimento prévio.<sup>14</sup>

Assim, essa prática pedagógica participativa se articula com duas importantes referências da educação em prol de uma formação humanizadora e crítica e, espera-se que transformadora, reconhecendo o aluno como sujeito ativo na aprendizagem e quiçá na transformação social.

Por fim, apesar dos resultados positivos, foram identificados ajustes necessários no desenvolvimento da proposta, como a simplificação da etapa de leitura, reduzindo a quantidade de textos para favorecer o engajamento dos estudantes. Sugere-se, ainda, que o docente realize a leitura dos artigos em sala de aula juntamente aos alunos, promovendo um momento de diálogo e construção coletiva do conhecimento. Além disso, a escolha pela utilização de um questionário físico e/ou a atribuição de bonificações às atividades podem configurar-se como estratégias para aumentar a adesão dos alunos no primeiro questionário *on line* — embora tal medida possa afetar a espontaneidade na participação da atividade proposta. Ainda assim, a contextualização ambiental mostrou-se uma abordagem eficaz para despertar o interesse pelo ensino de Química e incentivar reflexões críticas sobre práticas sustentáveis.

## 4. Conclusão

Este estudo demonstrou a viabilidade de utilizar um jogo de tabuleiro como ferramenta pedagógica no ensino de Química, especialmente para abordar temáticas ambientais. Apesar de desafios, como a baixa adesão à leitura prévia e a resistência a práticas lúdicas em algumas escolas, o jogo “brinQ penS” mostrou-se eficaz ao promover engajamento, pensamento crítico e integração social entre os alunos. De fácil execução e baixo custo, pode ser aplicado em diferentes espaços escolares, sem necessidade de laboratório. A sequência didática é adaptável a diferentes níveis escolares e contextos regionais. O formato lúdico favoreceu a contextualização de temas como fontes de energia e

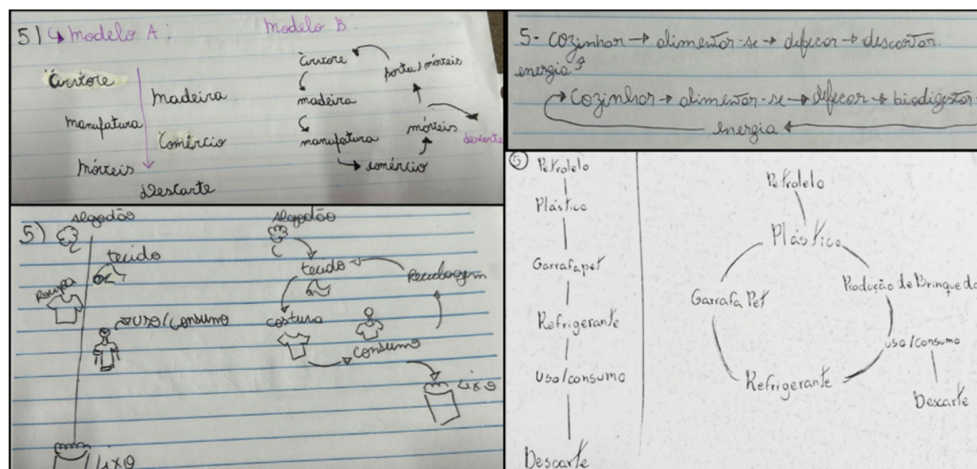


Figura 12. Fotografias dos esquemas elaborados pelos alunos – Resultados da questão 5 do segundo questionário avaliativo

sustentabilidade, revelando-se uma alternativa poderosa para uma educação mais crítica e consciente.

## Informações Suplementares

Informações Suplementares, contendo figuras dos *slides* usados na roda de conversa e os resultados da aplicação do primeiro questionário avaliativo, estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.s bq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5090-MS>. Informações sobre as regras do jogo “brinQ penS” e a sequência didática desenvolvida encontram-se no *e-book*.<sup>17</sup>

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES, Código de Financiamento 001), ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## Referências Bibliográficas

- Ronaldo, L.; Origens, Conceitos e Propósitos das Metodologias Ativas de Aprendizagem. *Eccos Revista Científica* **2022**, *63*, e23450, 1. [Link]
- Ali, H.; Khan, E.; Environmental chemistry in the twenty-first century. *Environmental Chemistry Letters* **2017**, *15*, 329. [Crossref]
- Martine, G.; Alves, J. E. D.; Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? *Revista Brasileira de Estudos de População* **2015**, *32*, 433. [Link]
- Silva, A. P.; Santos Júnior, R. P.; Educação ambiental e sustentabilidade: é possível uma integração interdisciplinar entre o ensino básico e as universidades? *Ciência & Educação* **2019**, *25*, 803. [Crossref]
- Rezende, J.; Neto, M.; Menegat, J.; Gonçalves, E. A.; Silva, C. B.; Teixeira, C. J. S.; Almeida, M. F.; Silva Filho, J. C.; Franco, J. C.; Educação ambiental no Brasil e a Agenda 2030: convergências, desafios e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. *Revista Delos* **2024**, *17*, e2609. [Crossref]
- Organização das Nações Unidas. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 17 novembro 2025.
- Jacobi, P.; Educação Ambiental, Cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa* **2003**, *118*, 189. [Crossref]
- Carvalho, I. C. M.; Em *Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da educação*; Layrargues, P. P., ed.; Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2004.
- Freire, P.; *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*, 1a. ed., Paz e Terra: São Paulo, 1996.
- Loureiro, C. F. B.; *Trajétorias e Fundamentos da Educação Ambiental*, 4a. ed., Cortez: São Paulo, 2012.
- Santos A. T.; Tamiasso-Martinhon P.; Sousa C.; Rocha, A. S.; Educação Ambiental e Ensino de Química: Relato Docente sobre Atividades Pedagógicas para Abordar o Conteúdo Curricular. *Revista Virtual de Química* **2021**, *13*, 595. [Crossref]
- Norat, M. S. L.; Mudanças climáticas e seus impactos: contextualização, evidências e desafios para a sustentabilidade. *Scientia et Ratio* **2023**, *4*, 1. [Link]
- Guariero, L. L. N.; Rezende, M. J. C.; Barbosa, W. T.; Rocha, G. O.; Pereira, P. A. P.; Fernandes, D. R.; Lopes, W. A.; Mota, C. J. A.; Andrade, J. B.; Reaching Circular Economy through Circular Chemistry: The Basis for Sustainable Development. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2022**, *33*, 1353. [Crossref]
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H.; *Psicologia Educacional*, 2a. ed., Editora Interamericana: Rio de Janeiro, 1980.
- Lima, T. P.; Rocha, R. G.; Soares, M. H. F. B.; Oliveira, A. M.; Um estudo acerca dos atributos dos jogos e reflexões teórico-epistemológicas na/para a formação de professores/as de Química. *Química Nova na Escola* **2024**, *46*, 272. [Crossref]
- Gonzalez, B. C.; Soares, M. H. F. B.; O Estado da Arte Sobre a Utilização de Jogos Para o Ensino de Química Ambiental e Educação Ambiental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2023**, *23*, e44692. [Crossref]
- Silveira, D. E.; Marra, R. K. F.; da Silva, B. V.; Fernandes, D. R.; *Elaboração de um jogo de tabuleiro para o ensino de química com foco em temáticas ambientais*. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://profqui.iq.ufrj.br/wp-content/uploads/2025/03/UFRJ-Debora-Esteves-recurso-educacional-2022.pdf>. Acesso em: novembro de 2025.
- Ministério da Educação. Disponível em: <<https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 11 novembro 2025.
- Oliveira, J. S.; Soares, M. H. F. B.; Vaz, W.; Banco Químico: um jogo de tabuleiro, cartas, dados, compras e vendas para o ensino do conceito de soluções. *Química Nova na Escola* **2015**, *7*, 285. [Crossref]
- Pippins, T.; Anderson, C. M.; Poindexter, E. F.; Sultemeier, S. W.; Schultz, L. D.; Element Cycles: An Environmental Chemistry Board Game. *Journal of Chemical Education* **2011**, *88*, 1112. [Crossref]
- Duarte, H. A.; Água: uma visão integrada. *Química Nova na Escola* **2014**, *8*, 4. [Link]
- Ciminelli, V. S. T.; Barbosa, F. A. R.; Tundisi, J. G.; Duarte, H. A.; Recursos Minerais, Água e Biodiversidade. *Química Nova na Escola* **2014**, *8*, 39. [Link]
- Villullas, H. M.; Ticianelli, E. A.; González, E. R.; Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola* **2002**, *15*, 28. [Link]
- Santa Maria, L. C.; Amorim, M. C. V.; Aguiar, M. R. M. P.; Santos, Z. A. M.; Castro, P. S. C. B. G.; Balthazar, R. G.; Petróleo: um tema para o ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2002**, *15*, 19. [Link]

25. Sasseron, L. H.; Carvalho, A. M. P.; Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências* **2011**, *16*, 59. [Link]
26. Brown, T. L.; Lemay Jr., H. E.; Bursten, B. E.; Murphy, C. J.; Woodward, P. M.; Stoltzfus, M. W.; Lopes, E.; Jonas, T.; Yamamoto, S. M.; Cruz, A. G. B.; *Química: a ciência central*, 13. ed., Pearson Prentice Hall do Brasil: São Paulo, 2016.
27. Sonopoulos, C.; Ambrose, D.; Vapor-Liquid Critical Properties of Elements and Compounds. 3. Aromatic Hydrocarbons. *Journal of Chemical & Engineering Data* **1995**, *40*, 547. [Crossref]
28. Atkins, P. W.; *Físico-Química: fundamentos*, 3a. ed., Livros Técnicos e Científicos Editora (LTC): Rio de Janeiro, 2003.
29. Costa, S. M. O.; Menezes, J. E. S. A.; *Química Orgânica I*, 2a. ed., Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE: Fortaleza, 2015.
30. Pohlmann, P. H. M.; Francisco, A. A.; Ferreira, M. A.; Jabbour, C. J. C.; Tratamento de água para abastecimento humano: contribuições da metodologia Seis Sigma. *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2015**, *20*, 485. [Crossref]
31. Agenda 2030. *Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis*. Disponível em: <<https://gtagenda2030.org.br/ods/>>. Acesso em: 13 novembro 2025.
32. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Matriz energética e elétrica*. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 27 agosto 2025.
33. Goldemberg, J.; Atualidade e Perspectivas no Uso de Biomassa para Geração de Energia. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 15. [Crossref]
34. Siddiqua, A.; Hahladakis, J. N.; Al-Attiya, W. A. K. A.; An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, *29*, 58514. [Crossref]
35. Fernandes, D. R.; Campos Júnior, I. C. S.; Silva, M. P.; Araújo, V. O.; Silva, B. V.; Santos, N. P.; Rezende, M. J. C.; Energia Nuclear: importância, conceitos químicos e estrutura das usinas nucleares. *Revista Virtual de Química* **2021**, *13*, 635. [Crossref]
36. Antunes, M.; Adamatti, D. S.; Pacheco, M. A. R.; Giovanela, M.; pH do Solo: determinação com indicadores ácido-base no Ensino Médio. *Química Nova na Escola* **2009**, *31*, 283. [Link]
37. Cardoso, R. K. O. A.; Silingardi, H. M. T.; Cardoso, A. A.; Gases ácidos na atmosfera: fontes, transporte, deposição e suas consequências para o ambiente. *Química Nova na Escola* **2020**, *42*, 382. [Crossref]
38. Ferreira, P. G.; Silva, F. C.; Ferreira, V. F.; A importância da Química para a Economia Circular. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 452. [Crossref]
39. Bocchi, N.; Ferracin, L. C.; Biaggio, S. R.; Pilhas e Baterias: Funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova da Escola* **2000**, *11*, 3. [Link]
40. Jornal da USP. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/baixo-indice-de-leitura-entre-jovens-brasileiros-pode-indicar-futuro-de-dificuldades/>>. Acesso em: 27 agosto 2025.
41. Van Der Sande, L.; Van Steensel, R.; Fikrat-Wevers, S.; Arends, L.; Effectiveness of Interventions that Foster Reading Motivation: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review* **2023**, *35*, 19. [Crossref]
42. Messeder Neto, H. S.; Moradillo, E. F.; O jogo no ensino de química e a mobilização da atenção e da emoção na apropriação do conteúdo científico: aportes da psicologia histórico-cultural. *Ciência & Educação* **2017**, *23*, 523. [Crossref]
43. Oliveira, A. S.; Soares, M. H. F. B.; Júri Químico: Uma Atividade Lúdica para Discutir Conceitos Químicos. *Química Nova na Escola* **2005**, *21*, 18. [Link]
44. Shimabukuru, M.; Toki, T.; Shimabukuro, H.; Kubo, Y.; Takahashi, S.; Shinjo, R.; Development and Application of an Environmental Education Tool (Board Game) for Teaching Integrated Resource Management of the Water Cycle on Coral Reef Islands. *Sustainability* **2022**, *14*, 16562. [Crossref]
45. Dias, F. R. F.; da Silva, W. A.; Campos, V. R.; Cunha, A. C.; Ferreira, V. F.; de Souza, N. A.; Resgatando Um Método Eficiente Para Determinação Do Ponto De Ebulição De Substâncias Orgânicas: Percolador Versus Siwoloboff. *Química Nova* **2014**, *37*, 915. [Crossref]