



MODELAGEM GRÁFICA DA CINÉTICA QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: UMA PRÁTICA INTERDISCIPLINAR ENTRE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

José William G. Dias¹; Patrício Gerson S. Vasconcelos²; Melissa B. Rodrigues¹

¹Universidade Federal do Tocantins - UFT

²Instituto Federal do Tocantins - IFTO

prof.willdias@gmail.com

Palavras-Chave: Aprendizagem ativa, Colorimetria digital, Abordagem investigativa.

Introdução

O ensino de Matemática e de Ciências da Natureza apresenta desafios significativos no percurso educacional dos estudantes. Paralelamente às dificuldades conceituais, observa-se uma dificuldade na apreensão da Matemática como linguagem para a descrição de fenômenos. O desenvolvimento do letramento gráfico, em particular, constitui um desafio recorrente, tanto na interpretação quanto na construção de gráficos a partir de dados brutos e na compreensão dessas representações como modelos das relações entre variáveis (Brilhadori; Voltolini, 2024; Lima; Queiroz, 2019; Seçken; Seyhan, 2015).

Nesse contexto, a Cinética Química articula conceitos da Química, da Física e da Matemática, mas é frequentemente marcada por dificuldades de compreensão, especialmente em relação a conceitos abstratos, como as colisões moleculares, os fatores que influenciam a velocidade das reações e sua representação matemática (Fahmi; Irhasyuarna, 2017). Abordagens que privilegiam o nível simbólico e a memorização, sem articulação com os níveis macroscópico e submicroscópico, podem dificultar a compreensão conceitual da Cinética Química (Sari; Hardeli; Bayharti, 2018).

A união entre aulas práticas, análise de dados e interdisciplinaridade pode contribuir para aproximar esses conceitos da experiência do aluno e superar a fragmentação do conhecimento (Correa, 2019). Nessa perspectiva, a experimentação investigativa permite que o estudante participe da coleta, organização e interpretação dos próprios dados, enquanto a Matemática atua como linguagem para representar o fenômeno e a Física oferece modelos explicativos para o comportamento observado (Cirino *et al.*, 2009; Nogueira; Menezes, 2024; Seçken; Seyhan, 2015). A construção de gráficos, portanto, deixa de ser apenas uma etapa de apresentação de resultados e passa a fazer parte do próprio processo de compreensão do fenômeno. A proposta também dialoga com princípios da abordagem STEAM (do inglês *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* — *Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática*), ao integrar experimentação científica, uso de tecnologia digital e modelagem matemática em uma mesma atividade investigativa (Maia *et al.*, 2024).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo estruturar e aplicar uma prática pedagógica investigativa e interdisciplinar para o ensino de Cinética Química, articulando

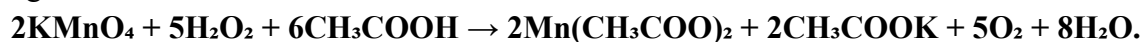


conhecimentos de Física, Química e Matemática a partir da análise de uma reação de oxirredução em diferentes condições de temperatura. A proposta buscou transformar uma mudança de cor observável em dados quantitativos e modelos gráficos construídos pelos estudantes, utilizando recursos acessíveis e de baixo custo.

Material e Métodos

A pesquisa, de natureza qualitativa e apoiada por dados quantitativos, foi desenvolvida como intervenção pedagógica com 71 estudantes de duas turmas da 2ª série do Ensino Médio no CEMIL Prof. Florêncio Aires, em quatro aulas de 50 minutos, organizadas em dois blocos: duas aulas destinadas à atividade experimental e duas à análise dos dados e construção dos gráficos (Mineiro; Silva; Ferreira, 2022).

O experimento consistiu em uma reação de oxirredução, na qual o íon permanganato (KMnO_4), de cor violeta, reage com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), em meio acidificado com vinagre de álcool:

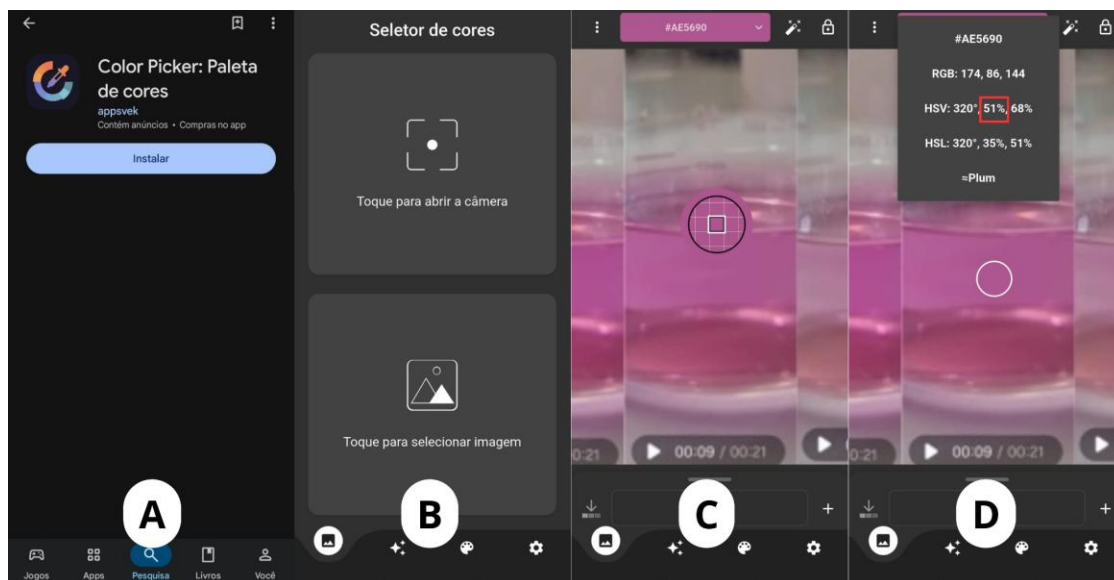


Os estudantes foram divididos em seis grupos, dois por condição térmica: banho de gelo ($\approx 0^\circ\text{C}$), temperatura ambiente ($\approx 30^\circ\text{C}$) e banho aquecido ($\approx 70^\circ\text{C}$). Em cada ensaio foram empregados 25 mL de água destilada, 2 mL de vinagre de álcool, uma gota de solução estoque aquosa de KMnO_4 e cinco gotas de $\text{H}_2\text{O}_2 \approx 1$ vol., obtida por diluição 1:9 de água oxigenada comercial 10 vol. A diluição reduziu a velocidade da reação para permitir o registro em vídeo. Após estabilização térmica, reação e gravação foram iniciadas simultaneamente pela adição de H_2O_2 e mantidas até o desaparecimento da coloração violeta.

Os vídeos foram analisados por capturas de tela em intervalos ajustados à duração de cada reação. Utilizou-se o aplicativo “Color Picker: Paleta de cores”, no qual os estudantes obtiveram os parâmetros HSV (do inglês *Hue, Saturation and Value* — Matiz, Saturação e Valor) e registraram o valor de Saturação (S) de uma região central da solução. Os dois grupos submetidos à mesma condição térmica apresentaram comportamento semelhante, com variação de aproximadamente 1–2 s no tempo total de reação; por isso, para a construção e apresentação dos modelos gráficos, foi selecionado um conjunto de dados representativo de cada condição.



Figura 1. Etapas de extração de dados colorimétricos no aplicativo Color Picker.



Descrição: (A) Identificação do aplicativo; (B) Interface de inserção da imagem; (C) Seleção da amostra; (D) Parâmetros gerados, destacando o valor de Saturação (S) na escala HSV. **Fonte:** Acervo autoral.

Como a solução final apresentava pequena saturação residual, os valores foram normalizados entre 0 e 100%, adotando-se a saturação final como 0% e a inicial como 100%, segundo:

$$\text{Valor relativo (\%)} = [(\text{Saturação no tempo analisado} - \text{Saturação final}) / (\text{Saturação inicial} - \text{Saturação final})] \times 100$$

O valor relativo foi utilizado como aproximação didática da variação da espécie colorida, e não como medida de concentração absoluta. A proposta dialoga com o princípio de Beer-Lambert, que relaciona resposta óptica e concentração, sem realização de curva analítica de calibração (Barreto et al., 2021).

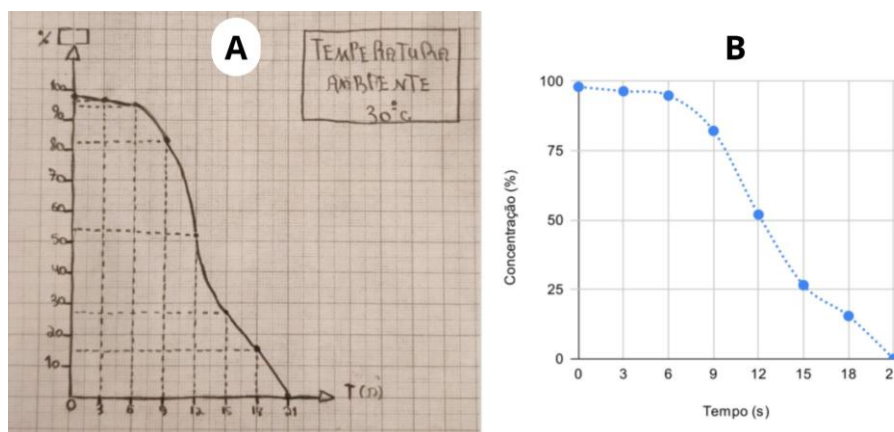
A partir dos valores relativos, os estudantes construíram manualmente, em papel milimetrado, gráficos em função do tempo e compararam a forma e a inclinação das curvas nas diferentes temperaturas.

Resultados e Discussão

O ponto de partida para a análise dos resultados foi a progressão da descoloração da solução ao longo da reação. A partir dos dados obtidos, os estudantes construíram os modelos gráficos em papel milimetrado, permitindo observar a variação da reação em função do tempo. Posteriormente, utilizando a mesma tabela de dados, foi elaborado pelo professor um gráfico de referência em planilha eletrônica para comparar a representação digital com aquela construída previamente pelos estudantes.



Figura 2. Comparação entre o modelo gráfico construído manualmente pelos estudantes (A) e o gráfico digital de referência elaborado a partir dos mesmos dados (B), para a reação em temperatura ambiente.



Fonte: Acervo autoral.

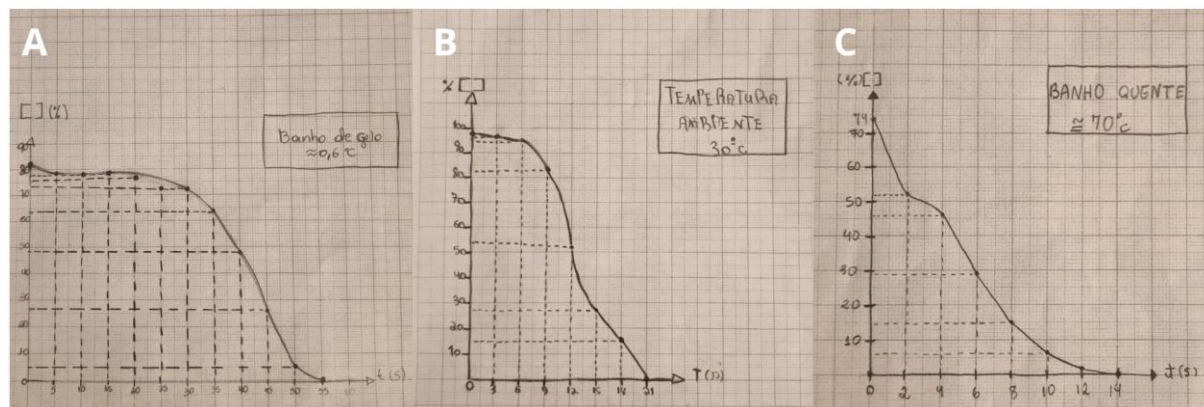
A comparação evidenciou correspondência no perfil geral das duas representações. Esse resultado ganha importância pelo fato de o gráfico manual ter sido construído antes e de forma independente do modelo digital. Ambos apresentaram decaimento não linear, com perfil sigmoide, no qual a variação foi inicialmente mais lenta, seguida por uma região de queda acentuada e posterior estabilização à medida que o valor relativo se aproximava de zero. Esse comportamento é qualitativamente compatível com perfis autocatalíticos descritos para o sistema permanganato-peróxido de hidrogênio (Li; Zhao; Zhu, 2011).

As pequenas discrepâncias entre o traçado manual e o gráfico digital também foram utilizadas como parte da discussão. A diferença entre um modelo construído a partir dos dados experimentais e sua representação posterior em software permite explorar fontes de erro, limitações da representação e a própria natureza dos modelos científicos (Lima; Queiroz, 2019). Além disso, a construção manual exigiu que os estudantes definissem escalas, organizassem pares ordenados e acompanhassem diretamente a variação dos dados, antes de qualquer comparação com uma representação produzida digitalmente.

A comparação entre as três condições térmicas mostrou de forma mais evidente a influência da temperatura na velocidade da reação. A reação conduzida em banho de gelo, próxima de 0 °C, levou aproximadamente 55 s para atingir o final da descoloração. Em temperatura ambiente, próxima de 30 °C, o tempo foi de aproximadamente 21 s, enquanto no banho aquecido, próximo de 70 °C, a reação ocorreu em cerca de 14 s. Os dois grupos submetidos a cada condição apresentaram resultados semelhantes, com variações de aproximadamente 1–2 s no tempo total de reação, reforçando a representatividade dos conjuntos de dados selecionados para os modelos gráficos.



Figura 3. Comparação dos modelos gráficos construídos pelos estudantes para as três condições de temperatura.



Descrição: (A) banho de gelo; (B) temperatura ambiente; e (C) banho aquecido. **Fonte:** Acervo autoral.

Além do tempo total, a inclinação das curvas também evidenciou o efeito da temperatura. O gráfico correspondente ao banho aquecido apresentou uma queda mais acentuada e rápida, enquanto a curva obtida em banho de gelo foi mais suave e prolongada. A condição ambiente apresentou de forma mais evidente o perfil sigmoide observado durante o acompanhamento da reação.

A diferença observada na inclinação das curvas e no tempo de reação forneceu a evidência matemática da variação da velocidade reacional. Quimicamente, os dados mostraram que o aumento da temperatura acelerou a transformação. Esse comportamento pôde ser interpretado a partir da Teoria das Colisões, segundo a qual o aumento da temperatura eleva a energia cinética das partículas e aumenta a frequência de colisões com energia suficiente para superar a barreira de ativação (Cirino *et al.*, 2009).

A prática também evidenciou a função de cada área no processo: a Química forneceu o fenômeno investigado, a Física contribuiu com o modelo explicativo e a Matemática possibilitou organizar e representar os dados obtidos experimentalmente. Essa articulação reforça o potencial de abordagens interdisciplinares para reduzir a fragmentação dos conteúdos e favorecer a construção de relações entre diferentes áreas do conhecimento (Correa, 2019).

A própria organização da prática, ao envolver os estudantes na coleta, no tratamento e na representação dos dados experimentais, incorporou elementos de aprendizagem ativa e experimentação investigativa. Nesse processo, a construção dos gráficos não foi utilizada apenas para apresentar resultados, mas como parte da interpretação do fenômeno, articulando conhecimentos de Química, Física e Matemática (Marques *et al.*, 2021).

Conclusões

A aplicação da prática interdisciplinar mostrou que a articulação entre os conceitos de Física, Química e Matemática permitiu aos estudantes transformar um fenômeno químico



observável em dados quantitativos e modelos gráficos concretos e analisáveis. A comparação entre as diferentes condições de temperatura possibilitou relacionar experimentalmente a velocidade da reação à Teoria das Colisões, enquanto a construção manual dos gráficos favoreceu o exercício do letramento gráfico e a compreensão dos modelos como representações aproximadas da realidade.

A proposta mostrou-se viável como alternativa de baixo custo para o ensino de Cinética Química, utilizando recursos acessíveis e colocando o estudante como participante ativo da coleta, organização e interpretação dos próprios dados. Os resultados também indicaram potencial para reduzir a fragmentação entre os conteúdos de Física, Química e Matemática, aproximando conceitos que normalmente são trabalhados de forma fragmentada no Ensino Médio.

Agradecimentos

À CAPES pelo apoio financeiro, à UFT e ao IFTO pelo suporte institucional, ao CEMIL Prof. Florêncio Aires pela colaboração e ao grupo de estudos GEPEQuO pelo apoio acadêmico.

Referências

BARRETO, Diandra Nunes et al. Performing reliable absorbance and fluorescence measurements with low budget: a tutorial for beginners. **Química Nova**, v. 44, n. 9, p. 1184–1191, 2021. DOI: 10.21577/0100-4042.20170758.

BRILHADORI, Elizabeth Keli; VOLTOLINI, Ana Graciela Mendes Fernandes da Fonseca. Letramento visual, crítico e estatístico: leitura de gráficos com estudantes do 2º ano do Ensino Médio. **Revista Prática Docente**, v. 9, e24010, 2024. DOI: 10.23926/RPD.2024.v9.e24010.id870.

CIRINO, Marcelo Maia et al. A intermediação da noção de probabilidade na construção de conceitos relacionados à cinética química. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 15, n. 1, p. 189–219, 2009. DOI: 10.1590/S1516-73132009000100012.

CORREA, Diego Rafael Nespeque. Uma proposta interdisciplinar para o ensino de Física, Química e Biologia através do estudo de biomateriais. **Revista Iuminart**, n. 17, p. 81–91, 2019.

FAHMI; IRHASYUARNA, Yudha. Misconceptions of reaction rates on high school level in Banjarmasin. **IOSR Journal of Research & Method in Education**, v. 7, n. 1, p. 54–61, 2017. DOI: 10.9790/7388-0701045461.

LI, Yanyan; ZHAO, Yi; ZHU, Zhongliang. Kinetic investigation of the autocatalytic reaction between potassium permanganate and hydrogen peroxide with soft-modeling methods. **Analytical Sciences**, v. 27, n. 1, p. 37–41, 2011. DOI: 10.2116/analsci.27.37.



LIMA, Mikeas Silva de; QUEIROZ, Salette Linhares. Letramento gráfico: perspectivas presentes nos PCNEM e ações no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 300–313, 2019. DOI: 10.21577/0104-8899.20160160.

MAIA, Dennys et al. A abordagem STEAM como proposta pedagógica interdisciplinar para aprendizagem matemática. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 2, e2024016, 2024. DOI: 10.21439/2965-6753.v2.e2024016.

MARQUES, Humberto Rodrigues et al. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 26, n. 3, p. 718–741, 2021. DOI: 10.1590/S1414-40772021000300005.

MINEIRO, Márcia; SILVA, Mara A. Alves da; FERREIRA, Lúcia Gracia. Pesquisa qualitativa e quantitativa: imbricação de múltiplos e complexos fatores das abordagens investigativas. **Momento – Diálogos em Educação**, v. 31, n. 3, p. 201–218, 2022. DOI: 10.14295/momento.v31i03.14538.

NOGUEIRA, Maiza Levy; MENEZES, Jean Michel dos Santos. Aprendizagem de conceitos relacionados ao conteúdo de ácidos e bases no Ensino Médio por meio da experimentação investigativa. **Revista Educação & Ensino**, v. 8, n. 1, 2024. DOI: 10.71136/ree.v8i1.636.

SARI, D. R.; HARDELI; BAYHARTI. Development of chemistry triangle oriented module on topic of reaction rate for senior high school level grade XI chemistry learning. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 335, n. 1, art. 012105, 2018. DOI: 10.1088/1757-899X/335/1/012105.

SEÇKEN, Nilgün; SEYHAN, Hatice Güngör. An analysis of high school students' academic achievement and anxiety over graphical chemistry problems about the rate of reaction: the case of Sivas Province. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 174, p. 347–354, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.671.