



Desvendando a nanotecnologia e a nanociência com o método Jigsaw

Monyque da S. Alves¹ (PG)*, Monique G. A. da Silva² (PQ)
monyque.alves@iqb.ufal.br, monique.silva@iqb.ufal.br

1 Universidade Federal de Alagoas

2 Universidade Federal de Alagoas

Palavras-Chave: nanotecnologia; nanociência; Jigsaw.

Área Temática: Novas tecnologias e comunicação.

RESUMO:

Atividades cooperativas têm se mostrado eficazes no processo de ensino-aprendizagem, favorecendo a interação entre os alunos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e interpessoais. Neste estudo, o Método Jigsaw foi aplicado para facilitar a compreensão de temas como nanociência e nanotecnologia (N&N). A abordagem permitiu o compartilhamento de ideias entre os estudantes, promovendo a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de competências como comunicação, liderança, responsabilidade e resolução de conflitos. A coleta e análise de dados verificaram a eficácia do método, evidenciando uma nova perspectiva no aprendizado ao utilizar metodologias ativas. O Jigsaw demonstrou ser uma ferramenta valiosa para estimular o progresso cognitivo e interpessoal dos alunos.

INTRODUÇÃO

A educação básica no Brasil enfrenta desafios que vão além do simples ensino de conteúdos, demandando uma formação integral voltada para o desenvolvimento de competências éticas e cidadãs, como destacado por Freire (1991). Nesse contexto, métodos pedagógicos tradicionais têm se mostrado insuficientes para engajar os alunos de forma significativa. A adoção de metodologias ativas, como o método Jigsaw, criado por Aronson (1978), tem se mostrado eficaz para promover uma aprendizagem mais dinâmica e colaborativa (BARBOSA & JÓFILI, 2004), incentivando a participação ativa dos estudantes e o protagonismo em seu processo de aprendizagem.

No Ensino de Química, em particular, o método Jigsaw oferece uma oportunidade para conectar conceitos científicos abstratos com o cotidiano dos alunos, tornando o aprendizado mais contextualizado e relevante. Temas como a Nanotecnologia e Nanociência (N&N), cujas aplicações variam da produção de materiais até avanços no tratamento de doenças, têm grande potencial para serem trabalhados de forma cooperativa em sala de aula, permitindo que os alunos não apenas compreendam os conceitos científicos envolvidos, mas também desenvolvam habilidades essenciais como comunicação, liderança e resolução de problemas (ALMEIDA, BARROS *et al.*, 2011).

Richard Feynman foi um dos pioneiros ao introduzir a ideia de manipulação em escala atômica, destacando a relevância da N&N para o avanço da ciência e da sociedade. Quando aplicada com metodologias ativas, como as propostas por Sá (2015) e Fatarelli (2010), o ensino pode ir além da transmissão de conteúdo, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de competências essenciais, como comunicação, liderança e resolução de problemas. Este estudo visa explorar a aplicação do método Jigsaw no Ensino de Química e Nanotecnologia na educação básica, promovendo uma aprendizagem cooperativa, contextualizada e transformadora, que engaja os alunos de forma mais efetiva e significativa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ENSINO DE QUÍMICA NA ESCOLA

O Ensino de Química, segundo Nascimento e Souza (2023), muitas vezes baseia-se na memorização de fórmulas e informações descontextualizadas que podem levar à desmotivação dos alunos. Chassot (1993) destaca que estudantes e educadores



frequentemente não entendem a importância da Química, enfrentando dificuldades em relacioná-la com questões sociais atuais. Como ciência exata, a Química pode parecer abstrata, dificultando a compreensão. Johnstone (1993) propõe que o aprendizado da química exige a compreensão de três níveis interligados: o macroscópico (fenômenos observáveis), o simbólico (representações científicas) e o microscópico (partículas). A interação eficaz entre esses níveis é essencial para um domínio completo do conhecimento químico. O triângulo de Johnstone visualiza essa relação, destacando a importância de conectar a teoria com a prática e a representação simbólica.

Portanto, é fundamental que o professor contextualize a vida cotidiana dos alunos, promovendo uma interação formativa que estimule autonomia e pensamento crítico (Saul, 2000). Além disso, Melo (2018) enfatiza a importância da formação continuada para os professores, sugerindo a adoção de metodologias ativas para engajar os alunos de forma mais eficaz.

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia, proposta por Richard Feynman em 1959, refere-se ao estudo e à manipulação de materiais em escala nanométrica, ou seja, na ordem de um bilionésimo de metro. O termo "nano" abrange estruturas e processos que permitem a criação de novos materiais com propriedades únicas e aplicações diversas, desde a medicina até a eletrônica (FEYNMAN, 1959). A nanociência, por sua vez, é o campo que investiga os fenômenos que ocorrem nessas escalas reduzidas, buscando entender como as propriedades dos materiais mudam em função de seu tamanho (BHUSHAN, 2017). Apesar de seu vasto potencial, a nanotecnologia foi incluída nos currículos escolares brasileiros apenas em 2006, no componente de Ciências da Natureza, evidenciando sua relevância sociocientífica e cultural (BRASIL, 2019 & BHUSHAN, 2017).

APRENDIZAGEM COOPERATIVA

A aprendizagem cooperativa, adotada desde a década de 1960, se fundamenta na cooperação e inovação educacional (JOHNSON, JOHNSON & STANNE, 2000; TORRES & IRALA, 2007). Segundo Kuhn (1962), essa inovação implica mudanças qualitativas nas práticas de ensino, essenciais para uma aprendizagem significativa. Nesse modelo, o aluno torna-se protagonista do aprendizado, enquanto o professor atua como mediador, integrando estratégias que desenvolvem habilidades intelectuais, sociais e emocionais. Assim, a aprendizagem cooperativa enriquece a experiência educacional e contribui para a formação integral dos estudantes.

MÉTODO JIGSAW

O método Jigsaw, criado em 1978 por Elliot Aronson e seus alunos, é uma estratégia de aprendizagem cooperativa que visa aumentar o engajamento dos estudantes (MELIM, 2014). Nele, os alunos são divididos em grupos heterogêneos para discutir um tema amplo, que é dividido em tópicos específicos. Cada grupo organiza-se em "grupos de especialistas" para aprofundar o conhecimento em seus tópicos e, em seguida, compartilham as descobertas com os grupos originais. Essa abordagem não só promove a colaboração, mas também desenvolve habilidades interpessoais importantes, como comunicação e empatia (DE ALMEIDA, 2021). O método Jigsaw incentiva ainda a responsabilidade compartilhada pelo aprendizado, tornando os alunos protagonistas na construção do conhecimento.



METODOLOGIA

O projeto de pesquisa proposto é uma investigação qualitativa de natureza aplicada, seguindo os procedimentos de estudo de caso. Segundo Yin (2003), o estudo de caso é uma abordagem que permite uma investigação profunda de um fenômeno dentro de seu contexto real, utilizando diversas fontes de evidência para uma compreensão detalhada, se tornando particularmente útil para responder questões como "como?" e "por que?", explicando fenômenos complexos.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A pesquisa foi conduzida em turmas da 2ª série do ensino médio, compostas por aproximadamente 40 alunos em aulas de 50 minutos cada. A coleta de dados foi realizada através de observação direta durante a aplicação do método Jigsaw, complementada pela aplicação de formulários, produção de mapas mentais e registros quase-longitudinais do aprendizado dos alunos, conforme proposto por Martins et al. (2010), Creswell (2014), Novak e Gowin (1988) e Hox (2010).

Conforme ressaltado por Ruspini (2000), a metodologia de estudos quase-longitudinais permite a coleta de dados em períodos curtos, possibilitando uma análise do conhecimento adquirido em momentos específicos ao longo do período. Para isso, o mesmo formulário será aplicado novamente nos meses seguintes, permitindo a avaliação da eficácia do método implementado.

Além disso, a análise dos dados foi realizada por meio de técnicas qualitativas, que incluirão a categorização das observações e a comparação dos mapas mentais produzidos, visando identificar padrões e tendências no aprendizado dos alunos. A triangulação de dados, a partir das diferentes fontes (observações, formulários e mapas), permitirá uma compreensão mais robusta do impacto do método Jigsaw no processo de aprendizagem, garantindo maior validade e confiabilidade nos resultados obtidos.

CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO MÉTODO JIGSAW

Nesta pesquisa, a aplicação da aprendizagem cooperativa, com foco no método Jigsaw, foi inspirada nas diretrizes de Fatareli et al. (2010). A aula teve início com uma breve introdução aos conceitos e escalas macroscópica, microscópica e nanoscópica, estimulando questionamentos sobre a importância da escala nanométrica entre os alunos. Os 40 estudantes foram divididos em cinco grupos de oito, denominados "grupos base" (fase 1). Um questionário foi aplicado para avaliar as percepções iniciais sobre N&N, utilizando notebooks disponíveis no laboratório móvel.

Na fase 2, os grupos base foram reorganizados em "grupos de especialistas". Cada estudante foi designado a estudar um subtópico específico relacionado aos eixos temáticos de Pereira (2023) (Figura 1), que incluíam: História e conceitos em nanotecnologia, Saúde, Tecnologia, Fontes Energéticas e Meio Ambiente. Após a discussão aprofundada nos grupos de especialistas, os alunos retornaram aos grupos base (fase 3) para compartilhar e discutir suas descobertas, promovendo uma troca de conhecimentos que enriqueceu a compreensão coletiva do tema.



Figura 1: Representação esquemática de atividade baseada no método

FASE 1

GRUPOS DE BASE: Cada seção representa um grupo inicial composto por estudantes diferentes que discutem acerca de um tópico inicial.



FASE 2

GRUPO DE ESPECIALISTAS: Dentro de cada grupo, os estudantes são designados para um novo grupo de especialistas para estudar um subtópico específico.



FASE 3

RETORNO AOS GRUPOS DE BASE: cada aluno retorna ao seu grupo de base, os especialistas compartilham os conhecimentos adquiridos sobre seus subtópicos específicos, promovendo a aprendizagem entre pares.



FONTE: Autor, 2024.

Posteriormente, um segundo formulário foi aplicado via Google Forms, contendo as mesmas perguntas iniciais para comparação entre os dois momentos, além de questões adicionais sobre os conteúdos estudados. Ao final, os estudantes produziram um mapa mental como meio de avaliação para verificar a compreensão dos conceitos.

RESULTADOS

CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO MÉTODO JIGSAW - OBSERVAÇÃO DIRETA

A observação direta é um método qualitativo eficaz para analisar comportamentos educacionais, conforme apontado por Martins (2010). Na aplicação do método Jigsaw para o ensino de N&N, surgem desafios como a gestão do tempo e a necessidade de flexibilidade para atender aos diferentes perfis de estudantes. Além disso, a comunicação clara entre professor e alunos é fundamental para o sucesso do método. Apesar desses desafios, o Jigsaw oferece benefícios significativos, incluindo a participação ativa dos alunos, o desenvolvimento de habilidades analíticas e de cooperação, e a promoção da autonomia nos grupos de especialistas. Essa abordagem não apenas potencializa a aprendizagem, mas também torna o processo educativo mais significativo, preparando os alunos para enfrentar desafios futuros com uma postura crítica e colaborativa.

UTILIDADE DO MÉTODO EM RELAÇÃO A APROPRIAÇÃO DE CONCEITOS

Para avaliar a eficácia do método Jigsaw como estratégia de ensino na abordagem da temática de Nanociência e Nanotecnologia, a análise dos dados foi estruturada em categorias específicas:

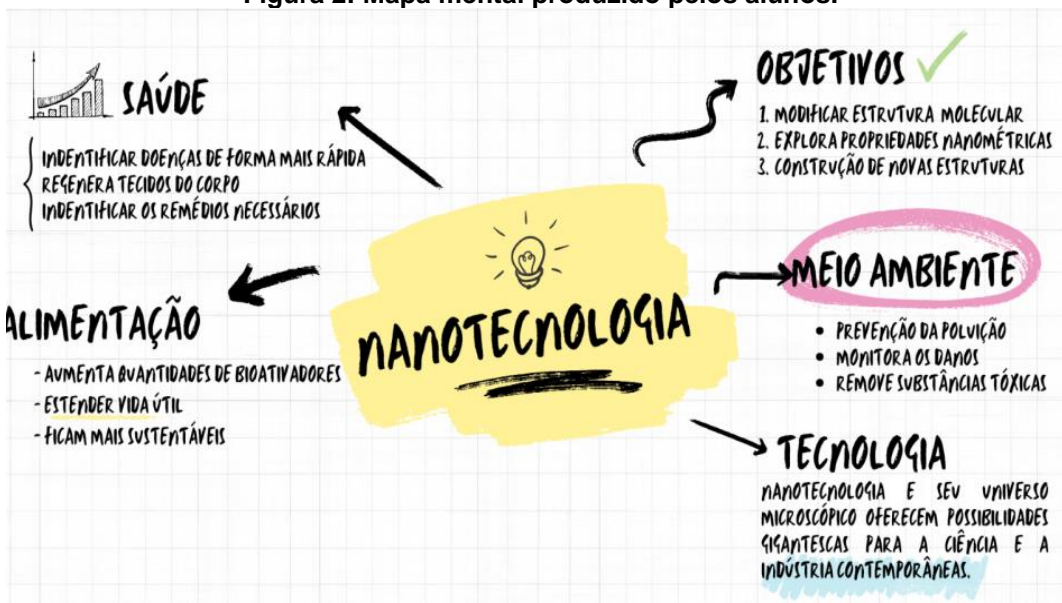


Compreensão Contextual dos Estudantes

A compreensão contextual no ensino é destacada por Lima (2018) como um fator essencial para promover o pensamento crítico e a resolução de problemas. Ela integra as experiências e conhecimentos prévios dos alunos com o conteúdo novo, permitindo que façam conexões e apliquem o aprendizado a situações reais.

Na análise, os mapas mentais foram uma ferramenta central, com os alunos concentrando-se nas áreas e exemplos abordados nos eixos temáticos. O mapa mental (ver figura 2) ilustra uma abordagem clara e concisa, destacando exemplos de aplicação e os objetivos da nanotecnologia, incluindo seus benefícios. Essa estratégia não apenas facilitou a organização do conhecimento, mas também incentivou os alunos a refletirem sobre as implicações práticas da nanotecnologia em suas vidas.

Figura 2: Mapa mental produzido pelos alunos.



Fonte: Aluno, 2024.

a) Resolução de problemas

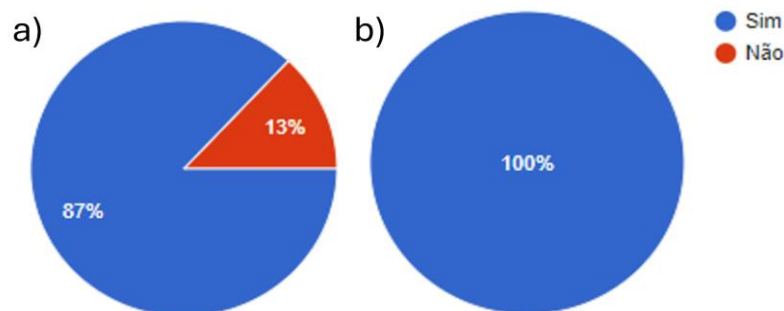
Lima (2018) destaca que a compreensão contextual promove a resolução de problemas ao conectar o aprendizado com as vivências dos alunos. Isso permite aplicar conhecimentos teóricos a situações práticas, desenvolvendo habilidades para enfrentar desafios reais de forma criativa e eficaz.

Após a transcrição e análise dos dados coletados no primeiro momento por meio do Google Forms, foram observados resultados significativos (ver figura 3). Esses resultados estão apresentados em dois gráficos, que ilustram de forma clara as tendências e padrões emergentes. A divisão dos dados em gráficos facilita a compreensão das principais dificuldades enfrentadas pelos alunos e as áreas onde o método Jigsaw teve maior impacto na resolução de problemas. Esta análise não apenas fornece insights sobre a eficácia do método, mas também aponta direções para melhorias futuras no ensino de Nanociência e Nanotecnologia.

Observou-se que, após a aplicação do método, houve um aumento significativo no número de respostas corretas relacionadas ao conceito de "nano". É importante destacar que alguns alunos que inicialmente responderam "sim", afirmando conhecer o significado do termo, relataram posteriormente que associavam "nano" exclusivamente ao conceito de "pequeno", sem estabelecer uma conexão com a tecnologia.



Figura 3: a) Respostas à pergunta “Você sabe o significado de 'nano'?” antes da aplicação do conteúdo por meio de metodologias ativas. b) Respostas à mesma pergunta após a aplicação do conteúdo por meio da metodologia ativa.



Fonte: Aluno, 2024.

Além dessa questão, uma pergunta relevante foi: “Como a nanotecnologia se difere das outras tecnologias?”. No início, muitos alunos responderam “não sei”, mas, após a implementação do método cooperativo, suas respostas tornaram-se mais elaboradas e reflexivas. Exemplos dessas respostas incluem:

"A nanotecnologia se destaca pela manipulação precisa da matéria em escala nanométrica, possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias com propriedades inovadoras e impacto revolucionário em diversos setores."

- Aluno A.

"Ela trabalha em escalas muito pequenas, já outros tipos de tecnologia trabalham em tamanhos maiores."

- Aluno B.

Essas respostas evidenciam o avanço no aprendizado dos estudantes, reforçando a eficácia do método cooperativo empregado, especificamente o Jigsaw. A compreensão dos alunos sobre o tema foi substancialmente aprofundada, refletindo uma aprendizagem significativa e duradoura.

Outras perguntas foram feitas sobre as vantagens e desvantagens da nanotecnologia, e as respostas revelaram uma compreensão ainda mais profunda do tema. Entre as vantagens destacadas, foram mencionadas:

"Possibilita o desenvolvimento de tecidos inteligentes que não mancham e nem amarrutam, assim como materiais mais resistentes, leves ou que duram mais. Também contribui para a remediação da poluição e possui baixo custo de fabricação, além de designs minúsculos."

- Aluno C.

Quanto aos pontos negativos, uma preocupação mais ampla também foi evidenciada:

"Pode trazer riscos ao ser humano se produzida sem controle, além de questões relacionadas à toxicidade, impacto social, pesquisas a longo prazo, alto custo e falta de regulação, o que pode gerar desigualdade tecnológica."

- Aluno D.

Ao analisar as respostas, é evidente que os estudantes não apenas compreenderam os aspectos técnicos da nanotecnologia, mas também começaram a avaliar seus potenciais impactos na sociedade, evidenciando um aprendizado reflexivo e crítico. Assim, ressalta-se a importância do envolvimento ativo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, reconhecendo que a disposição para aprender é um requisito essencial para que essa experiência se torne verdadeiramente significativa.

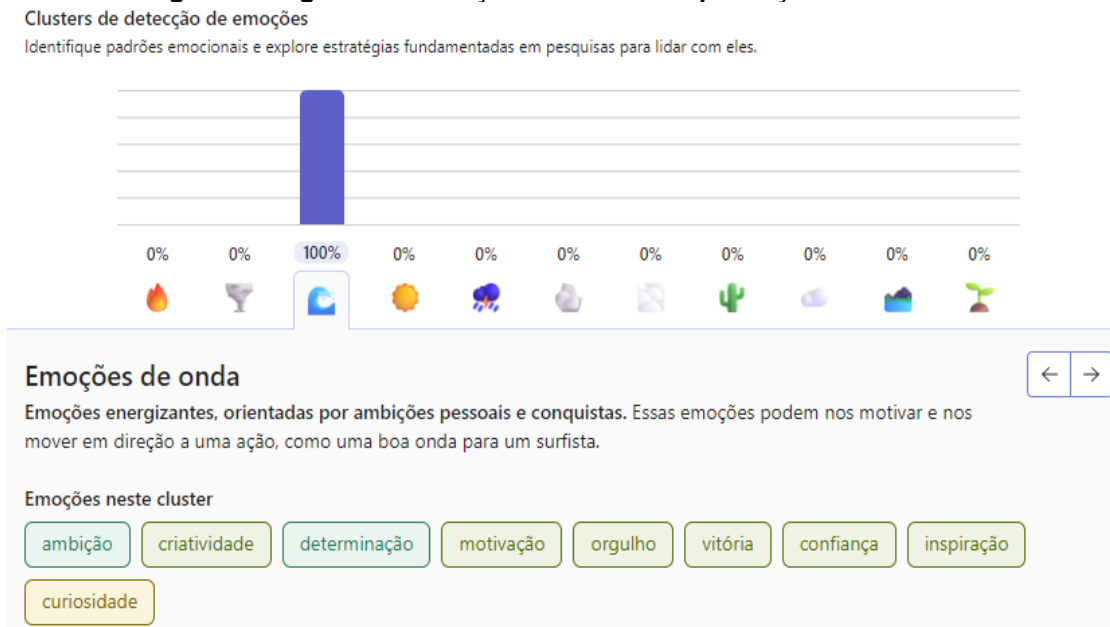
b) Motivação dos alunos

A adaptação das metodologias de ensino para levar em conta as vivências e o contexto sociocultural dos alunos é fundamental para tornar o aprendizado significativo.



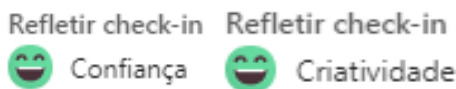
A plataforma Microsoft disponibiliza a função “Modo Refletir Juntos”, que permite aos alunos compartilharem suas emoções sobre as atividades (ver figuras 4 e 5). Essa funcionalidade não apenas auxilia na avaliação da eficácia das metodologias utilizadas, mas também promove um aprendizado mais motivador e interativo.

Figura 4: Registro de emoções atribuídas à produção da atividade.



Fonte: Aluno, 2024.

Figura 5: Registro de emoções atribuídas à produção da atividade.



Fonte: Aluno, 2024.

Conforme aponta Ramos (2012), o desinteresse dos alunos representa um desafio significativo para as práticas pedagógicas. Para reverter esse quadro, os professores devem inovar suas abordagens, criando ambientes que estimulem a participação ativa dos alunos, uma alternativa eficaz para alcançar esse objetivo é a adoção dessas metodologias inovadoras.

CONCLUSÃO

O método Jigsaw tem se mostrado eficaz no ensino de Química aplicada à nanotecnologia, promovendo um aprendizado significativo e colaborativo. Este método estimula a responsabilidade individual e a autonomia dos alunos, permitindo que se tornem especialistas em tópicos específicos enquanto trabalham em equipe. A interação positiva entre os estudantes não apenas melhora a compreensão do conteúdo, mas também desenvolve habilidades essenciais como colaboração e comunicação, preparando-os para desafios acadêmicos, profissionais e pessoais. A validação do método Jigsaw evidencia sua eficácia não apenas no ensino, mas também na formação de alunos aptos a enfrentar um mundo complexo e interconectado, onde a colaboração e o conhecimento especializado são fundamentais para a inovação e o avanço científico.

**REFERÊNCIAS**

- ALMEIDA-BARROS, R. Q. et al. Diagnóstico precoce de ateromas por meio de exames radiográficos rotineiros em odontologia: considerações atuais. *Odontologia Clínico-Científica*, v. 10, n. 2, p. 129-131, 2011.
- ARONSON, Elliot; BLANEY, Nancy; STEPHINS, Cynthia; SIKES, Jeff; SNAPP, Michael. *The jigsaw classroom*. Beverly Hills: Sage, 1978.
- BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. Aprendizagem cooperativa e ensino de química: parceria que dá certo. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2004.
- Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n1/04.pdf>>. Acesso em: 26 setembro. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. 2. ed. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2006. 135 p.
- BHUSHAN, Bharat. *Springer Handbook of Nanotechnology*. Cham: Springer, v. 3, 2. ed., 2017.
- CHASSOT, Attico. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Unijuí, 1993.
- CHAVES, A.; SHELLARD, R. C. *Física para o Brasil: Pensando o futuro: O desenvolvimento da física e sua inserção na vida econômica e social do país*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005.
- CRESWELL, John W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 4. ed. Tradução: Elizabeth da Cruz Neves. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- DE ALMEIDA, F. G. et al. Integração entre o método Jigsaw e a experimentação investigativa para o estudo de cinética química. *Revista da Sociedade Brasileira de Química*, v. 2, n. 1, 2021.
- FATARELI, E. F.; FERREIRA, L. N. de A.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Método cooperativo de aprendizagem Jigsaw no ensino de cinética química. *Revista Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 161-168, agosto 2010. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32_3/05-RSA-7309_novo.pdf>.
- FEYNMAN, Richard P. There's plenty of room at the bottom. 1959.
- Disponível em: <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>>. Acesso em: 19 set. 2024.
- FREIRE, Paulo. *A educação na cidade*. São Paulo: Cortez, 1991.
- HOX, Joop J. *Análise multilevel: questões teóricas e metodológicas*. 2. ed. Tradução: Maria da Conceição S. de Oliveira. São Paulo: Cortez, 2010.
- JOHNSON, T.; JOHNSON, D. W.; STANNE, M. B. Cooperative learning methods: a meta-analysis. 2000.
- Disponível em: <<http://www.co-operation.org/pages/clmethods.html>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- JOHNSTONE, Alexander H. The development of chemistry teaching. *The Forum*, v. 70, n. 9, 1993.
- KUHN, Thomas S. *The structure of scientific revolutions*. 3. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- LIMA, A. P. A contextualização no ensino: uma abordagem para a educação significativa. *Revista Educação Pública*, 2018. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br>>.
- MARTINS, Carlos Alberto F.; VASQUES-CALADO, S. *A observação como método de investigação qualitativa em educação: Um guia para iniciantes*. Lisboa: Edições S霸王書店, 2010.
- MELIM, L. M. Desenvolvimento e avaliação de estratégias cooperativas de ensino de Biociências para alunos de um pré-vestibular social. Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. 2014.
- MELO, J. D. de S. Uma proposta de ensino de química utilizando aprendizagem cooperativa na educação de jovens e adultos. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- NASCIMENTO, Gabriele S.; SOUZA, Ródnei A. A quebra do aparente desinteresse dos estudantes nas aulas de química utilizando aparelhos celulares dentro da metodologia ativa Jigsaw. *Congresso Internacional de Educação e Geotecnologias 2023: Anais*. ISSN 2674-7227.
- NOVAK, Joseph D.; GOWIN, Donald B. *Aprendendo a aprender*. Tradução: Maria da Conceição S. de Oliveira. São Paulo: Cortez, 1998.
- RUSPINI, Elisabetta. Longitudinal research in the social sciences. *Social Research Update Issue 28*. Guildford: University of Surrey, 2000.
- SÁ, D. M. B. Aprendizagem cooperativa - Aplicação dos métodos Jigsaw e Graffiti cooperativo com alunos do 5º ano de escolaridade. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança. Disponível em: <<https://es.wiktionary.org/wiki/removido>>.
- SAUL, Ana M. *Avaliação emancipatória: Desafios à teoria e à prática de avaliação e reformulação de currículo*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. *Aprendizagem colaborativa: Algumas vias para entretecer o pensar e o agir*. 1. ed. Curitiba: SENAR-PR, 2007. p. 65-97.
- YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. ed. Tradução de: Beatriz Helena Zepeda. Porto Alegre: Bookman, 2015.