

# Da Areia à Sílica: Uma Abordagem Experimental para o Ensino de Química

## *From Sand to Silica: An Experimental Approach to Teaching Chemistry*

Clécio S. Ramos,<sup>\*a</sup> Dayseane S. B. C. Gomes,<sup>a</sup> Caio A. S. de Lima,<sup>a</sup> Catarina S. da Silva,<sup>a</sup> Juliana Carolina do N. Silva,<sup>a</sup> Luana M. S. de Figueiredo,<sup>a</sup> Matheus R. T. de Oliveira,<sup>a</sup> Maysa F. da Silva,<sup>a</sup> Micherlane M. da Silva,<sup>a</sup> Ryan H. G. da Silva<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil

\*E-mail: [clecio.ufrpe@gmail.com](mailto:clecio.ufrpe@gmail.com)

**Submissão:** 13 de Junho de 2025

**Aceite:** 24 de Agosto de 2025

**Publicado online:** 2 de Setembro de 2025

The present study aimed to obtain silica, a product with diverse industrial applicability, from beach sand. The process of obtaining silica involved several physical-chemical steps covering several concepts present in undergraduate and high school graduate courses. The silica obtained was characterized by infrared analysis and its spectrum was identical to the spectrum of commercial silica used for chromatography. In this process it was possible to use the contents of mixture separation, chemical and functions reactions, sample preparation, which included knowledge of concepts such as decantation, filtration, centrifugation, intermolecular forces, solubility, chemical reactivity, dehydration, vaporization, precipitation and acidity. Our study showed that it is possible to carry out processes in a chemistry teaching laboratory to obtain commercial material produced by the chemical industry, providing students with a remarkable experience with a practical approach to the theoretical content taught in the classroom.

**Keywords:** Silica; beach sand; chemistry teaching; orthosilicic acid; chemical process.

## 1. Introdução

Em um curso de química é imprescindível a realização de aulas experimentais para a excelência na formação acadêmica dos futuros profissionais da química e áreas afins, pois proporcionam uma melhor compreensão e contextualização dos conteúdos teóricos abordados em sala de aula.<sup>1-3</sup> Em aulas experimentais os discentes aprendem sobre a importância dos processos químicos nas produções de diversos materiais usados em diferentes setores industriais, que vão desde a produção de fármacos, agrotóxicos, componentes, cosméticos, eletrônicos, alimentos, materiais de baixo custo, até a síntese de materiais da química fina.<sup>4-6</sup> Entretanto, ainda permanece o estereótipo entre professores e discentes, que muitos dos processos químicos são de altos custos e complexos, impossibilitando a realização de aulas práticas de processos usados no setor industrial.<sup>7,8</sup> Um exemplo é a sílica, um material com inúmeras aplicações na indústria como na fabricação de vidro, cerâmica, produtos de borracha, eletrônicos, medicamentos, alimentos e cosméticos, abrangendo o segmento farmacêutico, químico, construção civil de materiais e siderurgia.<sup>9-10</sup> Na indústria da construção civil é usada em cimento, concreto e argamassa. Usada para filtração e tratamento de água bem como na fundição de metais para a produção de componentes automotivos e aeroespaciais.<sup>11</sup> Em fármacos e cosméticos, por ser atóxica e biocompatível, a sílica é usada como antiaglomerante em comprimidos, como ingrediente em formulações de creme dental para clareamento e remoção de placa bacteriana nos dentes. Em cosméticos, a sílica está presente em várias formulações de creme, maquiagem, loções, melhorando a textura e a estabilidade dos produtos.

Na química, material a base de sílica é amplamente usado em processos de purificação e separação de compostos, conhecidos como processos cromatográficos.<sup>12,13</sup> O valor para 1 kg de sílica usada em cromatografia varia de 500,00 a 20.000,00 reais, dependendo da pureza, faixa de granulometria e adição de grupos químicos, o que dificulta a inserção de aulas experimentais sobre cromatografia. Este conteúdo prático é extremamente importante para os cursos de química e áreas afins. Um quilo de sílica (SiO<sub>2</sub>, grau técnico 230-400 mesh, Sigma-Aldrich), custa 700 reais. Enquanto, 250 g de sílica de fase reversa (C<sub>18</sub>, 230-400 mesh, Sigma-Aldrich), custam 10.000,00 reais. Devido ao alto custo da sílica comercial para cromatografia, há muitos relatos de materiais alternativos e de baixo custo em substituição à sílica para as aulas práticas incluindo o uso de areia, giz, amido, casca de ovo e arroz.<sup>14,15</sup>

Uma matéria prima usada para obtenção da sílica é areia, um material abundante na natureza,

de fácil acesso, que ao passar por alguns processos físico-químicos se obtém a sílica em suas diversas especificações que incluem produtos de baixo custo e de alto valor agregado.<sup>16,17</sup>

Neste contexto, o presente estudo foi direcionado para uma proposta de atividade experimental que aborda a obtenção da sílica pura a partir da areia de praia, mostrando que é possível a realização de experimentos em laboratórios didáticos de química sobre processos usados no setor industrial para produção de matéria prima. Além disso, o experimento abordou os conteúdos de separação de mistura, estado físico da matéria, polaridade, oxi-redução, solubilidade, reação de decomposição, neutralização, decomposição e combustão de matéria, facilitando a resolução de problemas e a compreensão de conceitos fundamentais, integrando o estudante com os conteúdos teóricos e práticos.

## 2. Experimental

A atividade experimental foi realizada no 1º semestre de 2024 pelos discentes do curso de graduação de Licenciatura em Química, matriculados na disciplina Fundamentos da Cromatografia, uma disciplina optativa e ofertada para discentes do 5º período.

### 2.1. Reagentes e equipamentos

A areia foi coletada na praia de “Maria Farina”, cidade de Paulista-PE. Os reagentes químicos usados foram o HCl 37% P.A (Vetec Química Fina, Duque de Caxias, Brasil),  $\text{NaHCO}_3$  (Farmax, Brasil),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  97% P.A (Cinética Reagentes e Soluções, Brasil), KOH (Vetec Química Fina, Duque de Caxias, Brasil) e água destilada. Para a calcinação foi usado um forno mufla (EDG / Série Economic). Os reagentes usados podem ser substituídos por materiais de fácil aquisição encontrados em comércio local. O HCl como ácido muriático comercial; bicarbonato de sódio encontrado em supermercados; o ácido sulfúrico pode ser obtido em lojas de materiais automotivos como solução para bateria de carros, que corresponde a uma solução aquosa que varia de 70 a 30% de ácido sulfúrico; o hidróxido de potássio conhecido como “potassa caustica”, sendo que o hidróxido de sódio conhecido como soda cáustica pode também ser usado. As análises de infravermelho foram realizadas em espectrofotômetro modelo 640 - IR da Varian, com faixa do espectro de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ , com as amostras preparadas em pastilhas de KBr. As imagens das sílicas ampliadas em 1600 vezes foram obtidas usando um microscópio digital HZ 1600x (Haiz).

### 2.2. Obtenção da sílica a partir da areia de praia

Para a obtenção da sílica, a areia de praia foi peneirada em peneira de malha 100 (150  $\mu\text{m}$ ) e uma amostra de

100 g da areia peneirada foi calcinada em mufla por 8 h a 400 °C, seguida da adição de 100 mL de HCl 10 mol/L. A areia calcinada e imersa na solução de HCl foi mantida em repouso por 20 h para a remoção de materiais hidrossolúveis. Após este período, a areia em solução ácida foi filtrada e o resíduo foi lavado com alíquotas de 150 mL de água destilada até a obtenção de água residual com pH neutro. Uma amostra de 40 g da areia lavada e seca foi tratada com 50 g KOH e mantida em aquecimento a 360 °C por 4 h, sendo adicionada 200 mL água. Após este período, a mistura reacional foi mantida em repouso por 24 h. A mistura reacional da areia tratada com KOH foi filtrada novamente e ao filtrado foi adicionado 100 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gota a gota, até a formação de um precipitado. O ácido em excesso na sílica foi neutralizado com uma solução de  $\text{NaHCO}_3$ . Após a centrifugação, o sobrenadante foi removido e o precipitado foi seco em estufa por 24 h a 150 °C. O precipitado seco foi triturado em almofariz, obtendo um pó branco e fino (Figura 1).

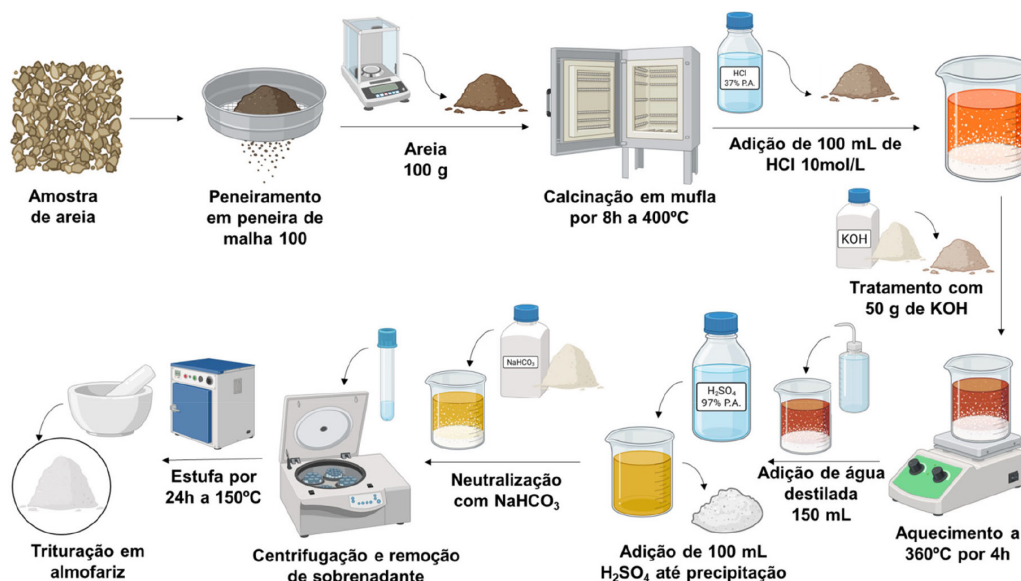
## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Obtenção e análise da sílica

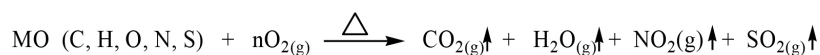
A obtenção final da sílica a partir da areia de praia envolveu várias etapas de processos físico-químicos abrangendo diversos conceitos presentes em conteúdos ministrados no ensino fundamental, médio e superior. Para a primeira etapa de peneiração, precipitação e calcinação da areia foram usados os conteúdos de separação e purificação de materiais incluindo os conceitos solubilidade, degradação de substâncias orgânicas, misturas homogêneas e heterogêneas. A calcinação da areia promoveu a degradação térmica das substâncias orgânicas com a formação de gases provenientes da matéria orgânica (MO) e sendo eliminados via processo de vaporização (Esquema 1).

Após a calcinação, a areia foi tratada com ácido clorídrico (HCl), um processo conhecido como digestão de amostra em meio ácido, que dissolve as matérias orgânicas e inorgânicas solúveis, ainda presentes, após a calcinação. Foi observada a formação de uma suspensão coloidal com coloração alaranjada, após a adição do HCl, indicando a extração de muitos constituintes orgânicos e inorgânicos presentes ainda na areia (Figura 2). O resíduo lavado com água e seco foi tratado com o hidróxido de potássio (KOH) para formação do silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ). A mistura reacional contendo silicato de potássio em água foi acidificada com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) para obter o ácido ortosilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) precipitado devido sua baixa solubilidade em água e o sal sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) em meio aquoso (Esquema 2).

A mistura reacional contendo o precipitado ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) em solução salina ácida foi neutralizada com uma solução de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) com a liberação do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e a formação do sal sulfato de sódio



**Figura 1.** Fluxograma das etapas de obtenção da sílica a partir da areia de praia com as ilustrações dos equipamentos, vidrarias e reagentes usados na prática, que facilita a visualização e conhecimento dos discentes sobre os procedimentos realizados



**Esquema 1.** Equação global da queima da matéria orgânica



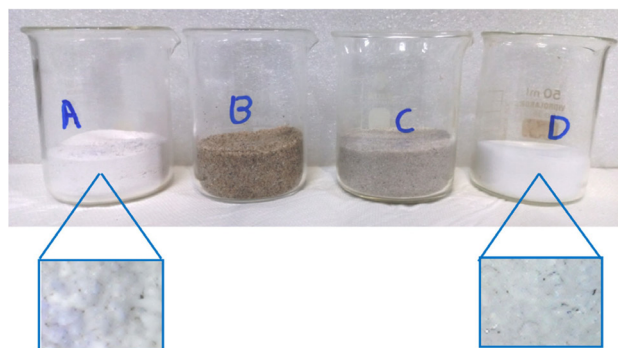
**Figura 2.** Efeito do ácido clorídrico na areia calcinada

( $Na_2SO_4$ ) em solução. A adição do  $NaHCO_3$  foi acrescentada a solução supersaturada até que não houvesse mais o desprendimento do dióxido de carbono. A mistura reacional neutralizada foi centrifugada para separação do precipitado  $H_4SiO_4$ , que foi totalmente desidratado em estufa para formar o produto de interesse, a sílica ( $SiO_2$ ) seca como um pó fino e branco (Esquema 3).

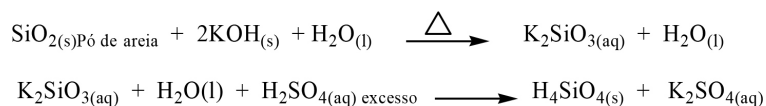
A comparação da sílica obtida a partir da areia mostrou visualmente eficácia do processo, sendo o produto obtido de

aparência similar ao disponível comercialmente (Figura 3).

Os espectros das amostras de areia peneirada, da areia tratada com HCl, da sílica obtida da areia e da sílica comercial foram comparados, sendo que foi observada uma nítida purificação da sílica durante o processo de sua obtenção com intensificação das bandas correspondentes ao  $SiO_2$ . O espectro de infravermelho da sílica obtida da areia mostrou claramente a formação do dióxido de silício, assim



**Figura 3.** Comparação visual das amostras (a) sílica obtida a partir da areia de praia e com sua ampliação de 1600 vezes, (b) areia da praia peneirada e com sua ampliação de 1600 vezes, (c) areia calcinada e tratada, apenas com HCl e (d) sílica para cromatografia comercial



**Esquema 2.** Equação global da formação de silicato de potássio



**Esquema 3.** Equação global de obtenção do dióxido de silício, a sílica

como no espectro da sílica pura obtida comercialmente e usada em cromatografia (Figura 4). Em ambos os espectros há presença de bandas características da sílica em torno de 1060, 856, 795 e 450  $\text{cm}^{-1}$  associadas à ligação Si–O–Si. Banda em 1060  $\text{cm}^{-1}$  de estiramento assimétrico de Si–O–Si. Banda em 856  $\text{cm}^{-1}$  de estiramento Si–O ou Si–OH. Banda em 795  $\text{cm}^{-1}$  de estiramento simétrico de Si–O–Si. Banda de deformação de Si–O–Si em 450  $\text{cm}^{-1}$ .<sup>18</sup> No espectro de infravermelho da sílica obtida comercialmente foi observada uma banda de estiramento das ligações C–H em 2900  $\text{cm}^{-1}$ , associada à presença de brometo de cetiltrimetilamônio, um surfactante catiônico, que é usado na síntese de nanopartículas de sílicas. O brometo de cetiltrimetilamônio atua como um molde, guiando a formação de poros dentro da estrutura da sílica.

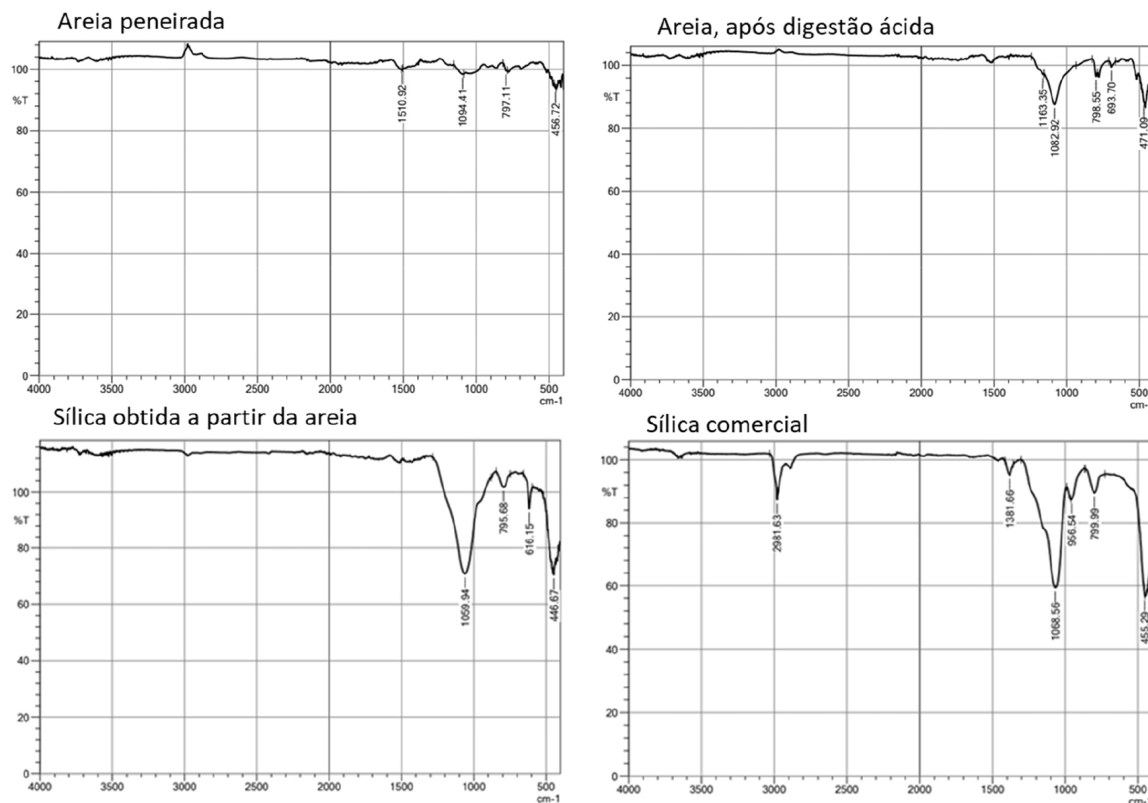
Dependendo do tipo de areia, a sílica sólida exibe variados comportamentos de intemperismo e reatividades superficiais, relacionadas à cristalinidade da rede tetraédrica dos silicatos, que podem apresentar diferenças em seus espectros de IV.<sup>19</sup> Além disso, os dois espectros da sílica mostraram pequenas variações, pois foram obtidos por processos diferentes que podem apresentar polimorfismo ou pseudopolimorfismo, resultando em deslocamento ou aparecimento de bandas adicionais em espectros de amostras de uma mesma substância. O polimorfismo ocorre devido às variações nas condições em que a sílica é obtida que incluem variação de pressão, temperatura, reagentes, processo de precipitação e de secagem.<sup>20,21</sup>

### 3.2. Aplicação do método no ensino de química: correlação com os conteúdos

A prática proporcionou aos alunos uma vivência experimental dos conteúdos abordados em sala de aula, desenvolvimento cognitivo e a participação social de maneira integradora.

O processo para obtenção da sílica a partir da areia da praia abordou vários conteúdos como separação de mistura, funções químicas, reações químicas, preparação de amostras que incluíram o conhecimento de conceitos como decantação, filtração, centrifugação, peneiração, forças intermoleculares, solubilidades, desidratação, vaporização, precipitação, acidez, sais, reações químicas de neutralização, decomposição, substituição e de precipitação.

Os conteúdos abordados neste estudo estão presentes no ensino de ciências do 9º Ano do Ensino Fundamental que visa introduzir os conceitos básicos da química como preparação para o Ensino Médio. Os conteúdos incluem a estrutura da matéria (ligações químicas, número atômico e de massa), reações químicas (Tipos de reações, equações químicas, leis ponderais e balanceamento de equações), funções químicas (Ácidos, bases, sais e óxidos), propriedades da matéria (Massa, volume, densidade, ponto de fusão, ponto de ebulição e propriedades organolépticas), substâncias e misturas (Substâncias simples, composta, orgânica, inorgânica, separação e misturas e homogêneas e heterogêneas), soluções (Solubilidade e preparo de solução),



**Figura 4.** Espectros de infravermelho da areia bruta peneirada; areia, após digestão em meio ácido com HCl; sílica obtida a partir da areia de praia; sílica obtida comercialmente



matéria e energia (Transformação de estados físicos da matéria) e principalmente a química no cotidiano.

Além dos conteúdos abordados para o 9º Ano do Ensino Fundamental, o estudo poder ser usado no Ensino Médio para introduzir os conceitos de metodologia científica, processos industrial de produtos químico, uso de recursos naturais como matéria-prima para indústria e a conscientização do uso sustentável destes recursos.

A prática abrangeu os conteúdos de preparação de amostras, que são cruciais para o Ensino Superior, onde são abordados os processos de coleta, o manuseio e o tratamento de amostras para análise em diversas áreas. Além disso, permitiu aos discentes um estudo prático sobre o método espectroscópico de caracterização química de compostos por infravermelho, conteúdo que geralmente é abordado, apenas teoricamente nos cursos de graduação em química.

#### 4. Conclusão

O estudo mostrou que é viável a obtenção de sílica por meio de procedimentos realizados em ambientes laboratoriais de ensino de química para obtenção de um produto comercial processado pela indústria química.

A sílica foi obtida de forma segura e ecológica, sendo que os reagentes usados foram os ácidos e bases inorgânicos atóxicos. Os resíduos gerados podem ser descartados em lixo comum. Entretanto, o processo de larga escala da obtenção da sílica a partir da areia pode resultar na degradação de ecossistemas costeiros, impacto habitats naturais e liberação de gases durante o processo químico.

A sílica produzida foi confirmada por aspectos visuais de coloração, textura e por espectroscopia no infravermelho em comparação com a sílica comercial. O monitoramento por análise de infravermelho das amostras de cada etapa do processo para a obtenção da sílica a partir da areia mostrou a eficácia do procedimento adaptado para a aula prática.

O estudo viabilizou aos discentes uma experiência prática dos conteúdos abordados em sala de aula e que são aplicados em processos químicos industriais. O estudo também possibilitou uma visualização do discente na obtenção de uma matéria prima de produção industrial a partir de fonte natural abundante. Uma experiência acadêmica marcante que serve de incentivo e estímulo ao discente bem como amplia conhecimento da importância do profissional de química na produção de materiais amplamente usados no cotidiano.

Adicionalmente aos estudos prévios de obtenção de sílica, o presente estudo incluiu o acompanhamento do processo por infravermelho, os esquemas das equações químicas envolvidas no processo e principalmente relacionando os conhecimentos químicos aplicados nos processos com os conteúdos ministrados nos cursos de química de ensino fundamental, médio e superior.

#### Agradecimentos

A PRPPG pelo apoio financeiro do projeto através do incentivo a pesquisa institucional da UFRPE. D. S. B. C. Gomes agradece a CAPES pela bolsa concedida.

#### Contribuição dos Autores

Clécio S. Ramos: Supervisão, redação, revisão e edição. Os estudantes de graduação Dayseane S. B. C. Gomes, Caio A. S. de Lima, Catarina S. da Silva, Juliana Carolina do N. Silva, Luana M. S. de Figueiredo, Matheus R. T. de Oliveira, Maysa F. da Silva, Micherlane M. da Silva e Ryan H. G. da Silva: Análise formal, Investigação, Redação do rascunho original, metodologia e curadoria de dados.

#### Referências Bibliográficas

- Soares, M. H. F. B. Mesquita, N. A. D. S.; Rezende, D. D. B. O ensino de química e os 40 anos da SBQ: o desafio do crescimento e os novos horizontes. *Química Nova* **2017**, *40*, 656. [\[Crossref\]](#)
- Lima, R. P.; Figueiredo, L. G.; Machado, S. G.; A. S. Filho, E. Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática. *Química Nova na Escola* **2024**, *46*, 81. [\[Crossref\]](#)
- Schneider, M.; Vacaro, B. B.; Marcelo, M. C. A.; Ferrão, M. F. Métodos de análise exploratória aplicadas ao ensino de espectroscopia na região do infravermelho. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 229. [\[Crossref\]](#)
- Gonçalves, R. P. N.; Goi, M. E. J. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. *Revista Debates em Ensino de Química* **2022**, *6*, 136. [\[Crossref\]](#)
- Queiroz, S. L.; Veras, L. Química Nova na Escola: contribuições para o desenvolvimento de atividades didáticas. *Química Nova na Escola* **2015**, *37*, 133. [\[Crossref\]](#)
- Lôbo, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. *Química Nova* **2012**, *35*, 430. [\[Crossref\]](#)
- Lima, J. H. G.; Siqueira, A. P. P.; De. Costa, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. *Revista Técnico-Científica do IFSC* **2013**, *4*, 486. [\[Link\]](#)
- Dos Santos, L. R.; de Menezes, J. A. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca* **2020**, *12*, 180. [\[Link\]](#)
- Martin, K. R. The chemistry of silica and its potential health benefits. *The Journal of nutrition, health & aging* **2007**, *11*, 94. [\[Crossref\]](#)
- Jadhav, S.; Sarawade, P. Recent Advances Prospective of Reinforced Silica Aerogel Nanocomposites and Their Applications. *European Polymer Journal* **2024**, *206*, 112766. [\[Crossref\]](#)
- Li, C.; Zhang, G.; Lin, L.; Wu, T.; Brunner, S.; Galmarini, S.; Ostrikov, K. Silica aerogels: from materials research to industrial

- applications. *International Materials Reviews* **2023**, 68, 862. [\[Crossref\]](#)
12. Wang, D.; Li, H.; Qiu, H.; Chen, J. Preparation and evaluation of silicon quantum dots-bonded silica stationary phase for reversed-phase chromatography. *Journal of Analysis and Testing* **2023**, 7, 8. [\[Crossref\]](#)
13. Fedorenko, D.; Bartkevics, V. Recent applications of nano-liquid chromatography in food safety and environmental monitoring: A review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* **2023**, 53, 98. [\[Crossref\]](#)
14. Nzereogu, P. U.; Omah, A. D., Ezema, F. I.; Iwuoha, E. I.; Nwanya, A. C. Silica extraction from rice husk: comprehensive review and applications. *Hybrid Advances* **2023**, 4, 100111. [\[Crossref\]](#)
15. Freitas Filho, J. R. D.; Freitas, J. J.; Silva, L. P. D.; Freitas, J. C. R. Investigando cinza da casca do arroz como fase estacionária em cromatografia: uma proposta de aula experimental nos cursos de graduação. *Química Nova* **2012**, 35, 416. [\[Crossref\]](#)
16. Daulay, S.; Yuwono, A. H.; Ismail, A.; Sofyan, N.; Dhaneswara, D. Fabrication and Characterization of Silica Nanoparticles from Beach Sand. *Engineering Chemistry* **2024**, 6, 53. [\[Crossref\]](#)
17. Omatolaa, K. M.; Onojah, A. D.; Amah, A. N.; Ahemen, I. Synthesis and characterization of silica xerogel and aerogel from rice husk ash and pulverized beach sand via sol-gel route. *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences* **2023**, 5, 11609. [\[Crossref\]](#)
18. Prado, A. G.; Faria, E. A.; Padilha, P. M. Aplicação e modificação química da sílica gel obtida de areia. *Química Nova* **2005**, 28, 544. [\[Crossref\]](#)
19. Ellerbrock, R. H.; Stein, M.; Schaller, J. Comparing silicon mineral species of different crystallinity using Fourier transform infrared spectroscopy. *Frontiers in Environmental Chemistry* **2024**, 5, 1. [\[Crossref\]](#)
20. Gomes, L. S.; de Souza, M. C.; Furtado, A. C. R. A sílica e suas particularidades. *Revista Virtual de Química* **2018**, 10, 1018. [\[Crossref\]](#)
21. Koike, C.; Noguchi, R.; Chihara, H.; Suto, H.; Ohtaka, O.; Imai, Y.; Tsuchiyama, A. Infrared spectra of silica polymorphs and the conditions of their formation. *The Astrophysical Journal* **2013**, 778, 60. [\[Crossref\]](#)