



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
Av. José de Freitas Queiroz, nº 5.0000, - Bairro Cedro - CEP - Quixadá - CE - www.ifce.edu.br

COMUNICADO - COMOQEP-QUI

A Comissão Organizadora Permanente Olimpíada de Química das Escolas Públicas OQEP, instituída pela PORTARIA Nº 4093/GABR/REITORIA, DE 31 DE MAIO DE 2023 (SEI nº 5075788), vinculada à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - PRPI do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado Ceará - IFCE, no uso de suas atribuições legais, torna público o **GABARITO PRELIMINAR da FASE III das modalidades A e B** da OQEP 2025.

PROPOSTA DE RESOLUÇÃO - ITEM 1

Pode-se destacar diversas aplicações do urânio extraído do depósito fosfato-urânio de Itaitaia, tais como: na medicina, na química, como na datação isotópica, preservação de alimentos, urânio como combustível em reatores nucleares de potência para geração de eletricidade. Perspectivas dos Reatores de Geração IV. Alguns exemplos dos diversos benefícios: Geração de empregos qualificados e desenvolvimento tecnológico regional; Inserção do Ceará no ciclo nuclear brasileiro; Possibilidade de expansão de indústrias médicas, energéticas e agroindustriais, como o de investimentos em preservação do bioma caatinga e desenvolvimento sustentável.

Referências ao Material de Apoio

1. POVEDA, Pedro F.; MESQUITA, Roberto N. de; ALVES, Givanildo. *Reatores nucleares de geração IV: uma revisão do atual estado da arte, desafios para o futuro e o posicionamento do Brasil*. In: Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações – V SENCIR, 2021, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte, 2021.
2. XAVIER, Allan Moreira et al. *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*. Química Nova, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.
3. CARVALHO, Joaquim Francisco de. *O espaço da energia nuclear no Brasil*. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 292-308, 2012.

PROPOSTA DE RESOLUÇÃO - ITEM 2

A extração e o beneficiamento do urânio liberam substâncias radioativas e metais pesados no ambiente, podendo contaminar solos e corpos hídricos. Vias de contaminação: drenagem ácida de minas; vazamentos de rejeitos radioativos e

lixiviação de elementos como urânio, rádio-226, chumbo-210 e radônio. Relatórios do CRIIRAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité) apontaram falhas no monitoramento ambiental realizados pela INB, com indícios de contaminação em poços de água subterrânea por urânio e seus produtos de decaimento (ROCHA, 2021; ROCHA, 2020). A INB chegou a admitir contaminação em poços, embora atribuisse a altas concentrações naturais de urânio na região – o que, no entanto, não exime a atividade mineradora de agravar o cenário.

Bioacumulação e Persistência: Metais como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e cobre (Cu) são altamente persistentes e bioacumulativos, como destacado em vários estudos revisados (PHAENARK et al., 2024; ONYENA et al., 2024). No contexto de Itataia, o urânio e seus produtos de decaimento (como rádio e tório) podem comportar-se de forma semelhante, acumulando-se em solos e sedimentos.

Drenagem Ácida de Minas (DAM): A oxidação de sulfetos associados ao minério de urânio pode gerar drenagem ácida, liberando metais pesados para rios e aquíferos. Esse fenômeno é citado no estudo sobre minas abandonadas nos EUA (GRAJAL-PUCHE et al., 2024), onde a drenagem contaminada afetou ecossistemas aquáticos e terrestres.

Falta de Monitoramento Padronizado: A ausência de protocolos unificados de biomonitoramento (FEHRENBACH et al., 2025) pode dificultar a detecção precoce da contaminação em Itataia, especialmente em regiões semiáridas onde a água é um recurso crítico.

Sobre os impactos:

A bioacumulação de metais pesados e elementos radioativos em espécies aquáticas e terrestres é um risco documentado. **Efeitos em Espécies Terrestres:** O estudo sobre a fauna tailandesa (PHAENARK et al., 2024) mostrou que anfíbios e invertebrados são particularmente vulneráveis à contaminação do solo. Em áreas de mineração, a perda de habitat e a contaminação por metais podem levar ao declínio de espécies endêmicas. **Espécies Bioindicadoras:** Moluscos, peixes e crustáceos são sensíveis à contaminação por metais e funcionam como bioindicadores (PHAENARK et al., 2024; FEHRENBACH et al., 2025). Em Itataia, espécies nativas podem sofrer redução populacional, alterações reprodutivas e toxicidade crônica. **Risco para Espécies Ameaçadas:** Curiosamente, o estudo de Grajal-Puche et al. (2024) também aponta que minas abandonadas podem, em alguns casos, servir de refúgio para espécies como morcegos. No entanto, isso não minimiza os impactos negativos gerais, especialmente em áreas de alta biodiversidade como o Ceará.

Sobre os riscos à saúde humana:

A contaminação ambiental pode atingir populações humanas por meio do consumo de água, alimentos e pescado contaminados. **Exemplo do Golfo Pérsico:** Fakhri et al. (2018) estimaram aumento do risco de câncer oral em consumidores de camarão contaminado com chumbo e arsênio. **Estudos em Caetité:** Pesquisas da Fiocruz identificaram casos de câncer e leucemia em comunidades próximas à mina, embora a INB contestasse onexo causal (ROCHA, 2021; PORTO et al., 2014). **Cadeia Alimentar Contaminada:** A bioacumulação de metais em plantas e animais consumidos pelo

homem é um caminho crítico de exposição (FAKHRI et al., 2018; NOWAR et al., 2024). Em Itataia, a agricultura e a pesca em áreas próximas podem ser afetadas. Exposição por Inalação e Ingestão: Partículas de poeira contaminada com urânio e metais associados podem ser transportadas pelo vento, atingindo comunidades vizinhas e causando problemas respiratórios, renais e cancerígenos (MARQUES et al., 2024; WHO, 2013).

Sobre os Desafios no Monitoramento e na Transparência:

A falta de transparência e a desqualificação de estudos independentes são entraves para a gestão de riscos. Crítica à INB: A empresa foi acusada de usar relatórios preliminares e inconclusivos para negar danos, além de desqualificar estudos de laboratórios independentes como o CRIIRAD (ROCHA, 2020). Falta de padronização: Leitão & Leitão (2025) destacam a heterogeneidade de métodos de biomonitoramento, o que limpa a comparabilidade de dados e a implementação de políticas baseadas em evidências. Gestão de Rejeitos: A disposição de rejeitos radioativos e químicos exige barreiras de contenção eficazes, que nem sempre são mantidas a longo prazo. Falta de Remediação Efetiva: Estratégias como biorremediação e biossorção (YAASHIKAA et al., 2024) são promissoras, mas ainda carecem de validação em larga escala para metais radioativos como o urânio. Abordagem Fragmentada: A revisão destaca a necessidade de uma abordagem integrada "Uma Só Saúde" (One Health), que articule saúde ambiental, humana e animal (ONYENA et al., 2024). No caso de Itataia, isso significaria envolver setores de mineração, saúde, meio ambiente e comunidades locais no planejamento e monitoramento. Lacunas Regulatórias e de Fiscalização: A detecção de metais pesados em produtos de uso diário, como pastas de dente (CHENGAPPA et al., 2025), mostra que a regulação de substâncias tóxicas ainda é insuficiente. No contexto minerário, a falta de limites rigorosos e fiscalização efetiva aumenta os riscos.

Sobre as Estratégias de Mitigação Insuficientes:

Embora técnicas como biorremediação e biossorção sejam promissoras, ainda carecem de validação em larga escala. Tecnologias emergentes: Uso de microrganismos, biochar e resíduos agrícolas para remover metais pesados de águas contaminadas (YAASHIKAA et al., 2024). Abordagem "Uma Só Saúde" (One Health): É defendida como essencial para integrar saúde humana, animal e ambiental no enfrentamento da contaminação por metais pesados e radioativos.

A extração de urânio em Itataia representa um caso emblemático dos desafios ambientais associados à mineração de metais pesados e elementos radioativos. Com base nas evidências sintetizadas na revisão sistemática analisada, é fundamental: adotar protocolos padronizados de monitoramento de solos, água e biota; investir em tecnologias de remediação sustentáveis, como biorremediação; implementar uma governança baseada no enfoque "Uma Só Saúde" e fortalecer normativas e fiscalização para minimizar a liberação de contaminantes. Sem essas medidas, os impactos da mineração de urânio podem se estender por décadas, afetando ecossistemas e a saúde pública de forma irreversível.

Esses desafios exigem monitoramento independente, transparência, participação

social e adoção de tecnologias de mitigação, além de uma abordagem de Saúde Única que integre saúde humana, animal e ambiental, Leitão & Leitão (2025). A experiência de Caetité serve como alerta para que os mesmos erros não se repitam em Itataia.

Referências Citadas

- ROCHA, I. J. (2021). Relatórios tecnocientíficos, nuclearidades e a exploração de urânio em Caetité/BA como uma questão pública. *Ambiente & Sociedade*.
- ROCHA, I. J. (2020). A insustentável invisibilidade do nuclear: os processos de publicização dos problemas sociais e ambientais decorrentes da exploração do urânio em Caetité, BA. *Civitas*.
- LEITÃO, R. R.; LEITÃO, V. R. (2025). Contaminação Ambiental por Metais Pesados: Uma Revisão Sistemática de Revisões. *Journal of Convergent Scientific Inquiry*.
- PORTO, M. et al. (2014). Justiça ambiental e mineração de urânio em Caetité/BA: avaliação crítica da gestão ambiental e dos impactos à saúde da população. *Fiocruz*.
- FAKHRI, Y. et al. (2018). Systematic review and health risk assessment of arsenic and lead in the fished shrimps from the Persian gulf. *Food and Chemical Toxicology*.
- YAASHIKAA, P. R. et al. (2024). Sustainable approaches for removing toxic heavy metal from contaminated water: A comprehensive review of bioremediation and biosorption techniques. *Chemosphere*.

PROPOSTA DE RESOLUÇÃO - ITEM 3

A exploração de urânio em Itataia demanda estratégias rigorosas de controle ambiental, dada a complexidade química e os riscos associados à radioatividade e à contaminação de solos e águas. Conforme Veríssimo et al. (2016), a mineralogia da jazida apresenta uma associação entre fosfato (apatita) e minerais uraníferos como uraninita, exigindo processos industriais complexos, como ataque ácido e solubilização seletiva, que podem gerar resíduos altamente reativos e perigosos.

Para mitigar esses impactos, é fundamental a adoção de tecnologias limpas e medidas de controle ambiental rigorosas. Uma das estratégias é o uso de barreiras físicas e geotêxteis para contenção de resíduos sólidos e líquidos, prevenindo o vazamento de radionuclídeos e elementos tóxicos para o ambiente. Além disso, sistemas de tratamento de efluentes líquidos, com precipitação de resíduos e filtração, podem remover metais pesados antes do descarte em corpos hídricos.

O monitoramento contínuo da radioatividade no solo, na água e no ar é essencial para garantir a segurança da população e dos ecossistemas. Este monitoramento deve ser feito por meio de sensores automatizados e análises periódicas, com divulgação transparente dos dados. Também é recomendável a instalação de bacias de contenção e estações de tratamento de rejeitos, com impermeabilização adequada e planos de emergência em caso de falhas estruturais.

Do ponto de vista socioambiental, o Projeto Santa Quitéria (World Nuclear News, 2022)

prevê audiências públicas e consulta às comunidades locais, o que é fundamental para garantir a legitimidade do empreendimento e acolher sugestões da população. Paralelamente, a revegetação de áreas degradadas, o aproveitamento de resíduos industriais para fins não perigosos, e a reutilização de água nos processos industriais são práticas que contribuem para a sustentabilidade do projeto.

Por fim, considerando que o empreendimento está vinculado ao Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050, é crucial que ele adote uma gestão integrada de riscos ambientais e nucleares, aliando o desenvolvimento econômico à preservação dos recursos naturais e à proteção das gerações futuras.



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson Saraiva Ferreira, Presidente da Comissão**, em 30/09/2025, às 15:23, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **7941643** e o código CRC **12D2D44B**.