

CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## ROTAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE CASCALHOS PROVENIENTES DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.V-004>

**Simone Kubeneck\*, Matheus Cavali, Luiza Loss, Larissa Beatriz Waskow, Sebastião Roberto Soares**

\* Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis/SC,  
[simone.kubeneck@posgrad.ufsc.br](mailto:simone.kubeneck@posgrad.ufsc.br)

### RESUMO

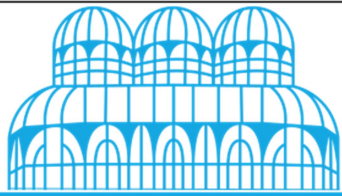
O crescimento populacional aumenta a demanda por energia levando a maior exploração de óleo e gás. O aumento nas atividades exploração de petróleo tem como consequência a geração significativa de resíduos provenientes do processo de perfuração de poços de petróleo, como por exemplos, fluídos e cascalhos de perfuração. Os cascalhos são uma mistura complexa de fragmentos de rochas, metais pesados, hidrocarbonetos e outros diferentes compostos contaminantes, conferindo a esse resíduo a classificação de perigoso, e, portanto, necessitando de tratamento para sua correta disposição final ou sua aplicação em rotas de valorização. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo realizar uma busca na literatura de tratamentos térmicos que estão sendo aplicados para descontaminação dos cascalhos provenientes da perfuração de poços de petróleo, assim como estudos que realizam a aplicação desse resíduo após o processo de descontaminação para traçar rotas de tratamento e valorização para esse resíduo. Como resultados, foi possível observar que pirólise e micro-ondas são os principais tratamentos térmicos que veem sendo avaliado para descontaminação dos cascalhos, possibilitando remoções de aproximadamente 99% dos contaminantes orgânicos aderidos ao resíduo. Em relação as possíveis aplicações, o resíduo tratado por vias térmicas pode ser utilizado como adsorvente de contaminantes ou ainda como agregado na construção civil, conferindo a esse resíduo fins mais nobres em relação a sua disposição final em aterros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamentos térmicos, resíduos de perfuração, valorização, adsorvente, construção civil.

### ABSTRACT

Population growth increases the demand for energy leading to increased oil and gas exploration. The increase in oil exploration activities results in the significant generation of waste from the drilling process of oil wells, such as drilling fluids and drill cuttings. Drill cuttings is a complex mixture of rock fragments, heavy metals, hydrocarbons and other different contaminant compounds, giving this waste the classification of hazardous, and therefore, requiring treatment for its correct final disposal or its application in recovery routes. In this sense, this work aimed to carry out a search in the literature of thermal treatments that are being applied for the decontamination of drill cuttings, as well as studies that apply this waste after the decontamination process to trace treatment and valorization routes for this waste. As a result, it was possible to observe that pyrolysis and microwave are the main thermal treatments that have been evaluated for drill cuttings decontamination, enabling the removal of approximately 99% of the organic contaminants adhered to the waste. Regarding possible applications, the waste treated by thermal means can be used as an adsorbent of contaminants or even as an aggregate in civil construction, giving this waste nobler purposes in relation to its final disposal in landfills.

**KEY WORDS:** Thermal treatments, drilling waste, valorization, adsorbent, civil construction.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



## INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo da população mundial intensificou a demanda global por energia levando a maior exploração de petróleo e gás. Somente no Brasil, nos anos de 2025 a média anual de produção de petróleo e gás natural chegou a 4.897 milhões de barris de óleo equivalente por dia (boe/d), ocasionando em um aumento de 12,7% em relação ao ano de 2023 em que se chegou ao recorde de 4.344 milhões de boe/d (ANP, 2025). A intensificação das atividades de exploração de petróleo resulta na geração de volumes significativos de resíduos. Entre os resíduos gerados em grandes quantidades há os fluídos de perfuração também chamados de lamas de perfuração e os cascalhos que são gerados ao longo da perfuração dos poços de petróleo.

Os fluidos utilizados durante as perfurações possuem um papel fundamental durante o processo de perfuração, auxiliando no transporte dos cascalhos gerados até a superfície, no resfriamento e lubrificação das brocas, reduzindo a corrosão, e como suporte hidráulico nas paredes do poço, mantendo níveis ideais de densidade e impedindo possíveis vazamentos de petróleo (PEREIRA et al., 2022). Diante da sua importância, é necessário ressaltar que os fluídos possuem diferentes composições com base na sua fase contínua, sendo classificados em fluídos de base aquosa, os quais são compostos majoritariamente por água, e fluídos de base não aquosa, os quais podem ser compostos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs) e diferentes outros componentes estabilizadores (IOGP, 2016).

O tipo de fluído a ser empregado no processo de perfuração tem grande importância em relação aos resíduos gerados, pois além dos fluídos, há também a geração de cascalhos durante o processo de perfuração, os quais chegam à superfície impregnados de fluído, o que os torna, assim como os fluídos de base não aquosa, um resíduo perigoso. Em média, cerca de 250 m<sup>3</sup> de cascalhos são gerados por poço perfurado, e devido a sua composição ser uma mistura complexa de metais pesados e hidrocarbonetos, tratamentos que removam esses contaminantes para a correta disposição final ou sua aplicação em rotas de valorização são necessários (WANG et al., 2024).

Atualmente os tratamentos empregados para que esses resíduos sejam descartados corretamente, incluem o controle de sólidos o qual é composto por diversos equipamentos que por meio de ação mecânica realizam a separação dos fluídos dos cascalhos até chegar à concentração mínima de base orgânica aderida permitida para disposição final. Entre os equipamentos que são utilizados nesse sistema há peneiras, hidrociclones e centrifugas (IOGP, 2016). No entanto, buscando maiores eficiências de remoção de contaminantes orgânicos presentes nos cascalhos, novas tecnologias estão sendo avaliadas para que ao final do tratamento, o resíduo descontaminado esteja dentro de padrões que permitam seu uso como matéria prima em rotas de valorização.

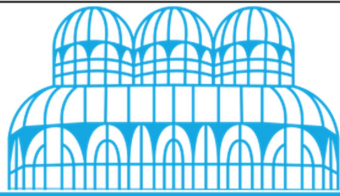
Tratamentos que envolvem o uso de tecnologias térmicas veem sendo aplicados para a gestão desses resíduos, sendo alternativas promissoras devido a elevada taxa de remoção de contaminantes orgânicos dos cascalhos, permitindo a exploração do uso desse resíduo pós-tratamento para fins mais nobres em relação a atual disposição final.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi levantar os diferentes tipos de tratamentos térmicos relatados na literatura para a descontaminação dos cascalhos provenientes do processo de perfuração de poços de petróleo e avaliar os estudos que realizaram a aplicação desse resíduo já descontaminado para fins mais nobres em relação ao descarte em aterros ou alto mar, fornecendo rotas alternativas de tratamento e valorização para esse resíduo.

## METODOLOGIA

Tendo em vista a especificidade do resíduo industrial em questão, inicialmente, uma revisão narrativa foi conduzida para a determinar os principais tratamentos e aplicações dos cascalhos descontaminados apontados na literatura. Para essa etapa inicial, os *strings* de busca utilizados estão descritos no Fluxograma 01, assim como as bases de dados utilizadas e o método de seleção e exclusão dos estudos.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Figura 1: Metodologia aplicada para avaliação dos estudos que utilizam tratamentos térmicos e que utilizam os cascalhos descontaminados em rotas de valorização. Fonte: Autor do trabalho

## RESULTADOS

Inicialmente, ao realizar buscas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* utilizando os termos *oil based drill cuttings* e *treatments* para avaliar os estudos presentes na literatura, foram encontrados 214 documentos na *Scopus* e 158 documento na *Web of Science*, indicando que há poucos estudos na literatura que abordem diferentes vias de tratamento para esse resíduo. Nesse sentido, utilizando a ferramenta bibliometrix foi realizado uma análise bibliométrica, em que os dados obtidos das duas bases foram compilados, removido estudos duplicados e, ao final, obteve-se um total de 282 documentos (ARIA; CUCCURULLO, 2017; 2026). A partir dessa análise, foi possível identificar as palavras mais frequentes nos artigos, os principais países pesquisando nessa área e a evolução anual da produção considerando estudos que possuem em seu título, palavras-chaves, resumo e tópico em geral os termos citados inicialmente, conforme dados descritos na Figura 2.

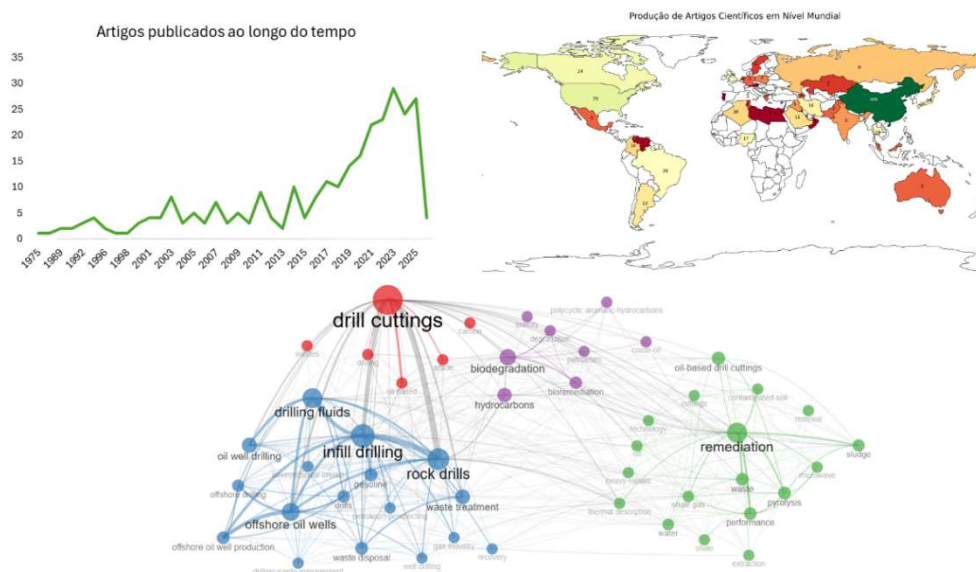


Figura 2: Dados de produção científica anual e mundial sobre tratamentos de cascalhos de perfuração de poços de petróleo e palavras mais frequentes encontradas nos documentos. Fonte: Dados compilados e fornecidos pela ferramenta *bibliometrix* de Aria e Cuccurullo (2017; 2026).



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



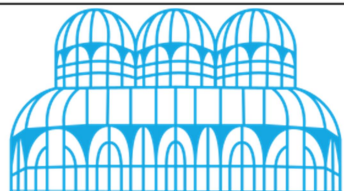
Ao avaliar a produção científica ao longo dos anos é possível notar um grande aumento nas publicações a partir de 2017, o qual se intensifica até 2025. Esse aumento no desenvolvimento de estudos que avaliam diferentes abordagens de tratamento dos cascalhos coincide com a consolidação de práticas e legislações que trazem diretrizes rigorosas para o descarte de resíduos de atividades de exploração de petróleo e gás. No Brasil, por exemplo, no ano de 2018 houve a publicação da Instrução Normativa 01 do IBAMA a qual definia limites de toxicidade e concentração de contaminantes orgânicos presentes nos cascalhos para realizar seu descarte, regulamentando também o monitoramento contínuo de fluidos e cascalhos. Por meio dessa IN os limites de base orgânica aderida aos cascalhos para correto descarte poderia variar entre 6,9% e 9,4% a depender do fluido aderido aos cascalhos e a toxicidade (CL50) deveria ser maior ou igual a 30.000 ppm. No entanto, essa IN se encontra suspensa e atualmente as indústrias petrolíferas brasileiras seguem o Despacho IBAMA nº 5540547/2019. Já no cenário internacional, nos anos em que se observa o aumento na produção de artigos científicos da área as regulamentações para disposição final dos cascalhos são realizadas atualizações nas legislações tornando o descarte mais restritivo, chegando a limites de base orgânica aderida aos cascalhos menores que 1% (OSPAR, 2026). Ambas as atualizações em relação as legislações de descarte desse resíduo, impulsionaram para que estudos que avaliem diferentes maneiras de tratamento desse resíduo fossem desenvolvidos para chegar a um teor de óleo residual menor que 1%, sendo o desenvolvimento de estudos na área em maior quantidade na China (406 documentos), seguido pelos Estados Unidos (29 documentos), Canada (24 documentos) e Brasil (20 documentos).

Por outro lado, entre as palavras mais presentes em todos os estudos da coleção avaliada é possível observar que as mais citadas, as quais são apresentadas em tamanho maior em cada um dos cluster são os termos referentes a nomenclatura de cascalhos de perfuração, perfuração de preenchimento, fluidos de perfuração seguido pelos termos remediação, biodegradação e hidrocarbonetos. No cluster de remediação em verde, pode ser observado alguns dos tratamentos que estão sendo avaliados para a gestão dos cascalhos, como por exemplo, micro-ondas, pirólise, extração e dessorção térmica, assim como no cluster de biodegradação na cor lilás em que há os termos de biorremediação e degradação, trazendo um breve panorama do que está presente na literatura.

Em relação aos tratamentos térmicos, por meio das buscas realizadas conforme descrito na Figura 1, foi possível determinar os dois principais tipos de tratamento térmico que têm sido avaliados para tratamentos dos cascalhos de perfuração: pirólise e micro-ondas, os quais reportaram 10 e 11 documentos, respectivamente. O processo de pirólise possibilita a remoção de 99% dos compostos orgânicos como HTPs e HPAs, operando em faixas entre 250 e 800°C. A pirólise catalítica, assim como a co-pirólise com diferentes matérias primas, pode contribuir para a melhoria dos produtos gerados durante o processo, como por exemplo a composição dos líquidos gerados possibilitando o reuso deste produto (LV et al., 2022a; LV et al., 2022b).

O uso de micro-ondas para a gestão dos cascalhos, por outro lado, pode ocorrer em faixas de temperaturas mais brandas até temperaturas mais elevadas (entre 95 à 700 °C), dependendo da potência que é aplicada durante o processo. A aplicação deste tipo de tratamento também possui uma eficiência de aproximadamente 99% de remoção de contaminantes orgânicos e pode apresentar um tempo de tratamento relativamente menor em relação ao uso de pirólise, uma vez que o tipo de aquecimento ocorre de forma diferente dos tratamentos que fazem uso de aquecimento convencional. No processo com micro-ondas, o aquecimento ocorre do interior do resíduo para superfície por meio da conversão de energia em calor (HOU et al., 2018). No entanto, a depender do formato de aplicação do tratamento com micro-ondas, como por exemplo o uso somente de secagem, a recuperação/geração da porção líquida é inviável.

Diante dos tratamentos térmicos mais reportados, a busca por artigos que utilizaram cascalhos descontaminados por vias térmicas em rotas de valorização resultou em duas principais áreas de aplicação, sendo elas construção civil e meio ambiente, conforme descrito na Figura 3.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

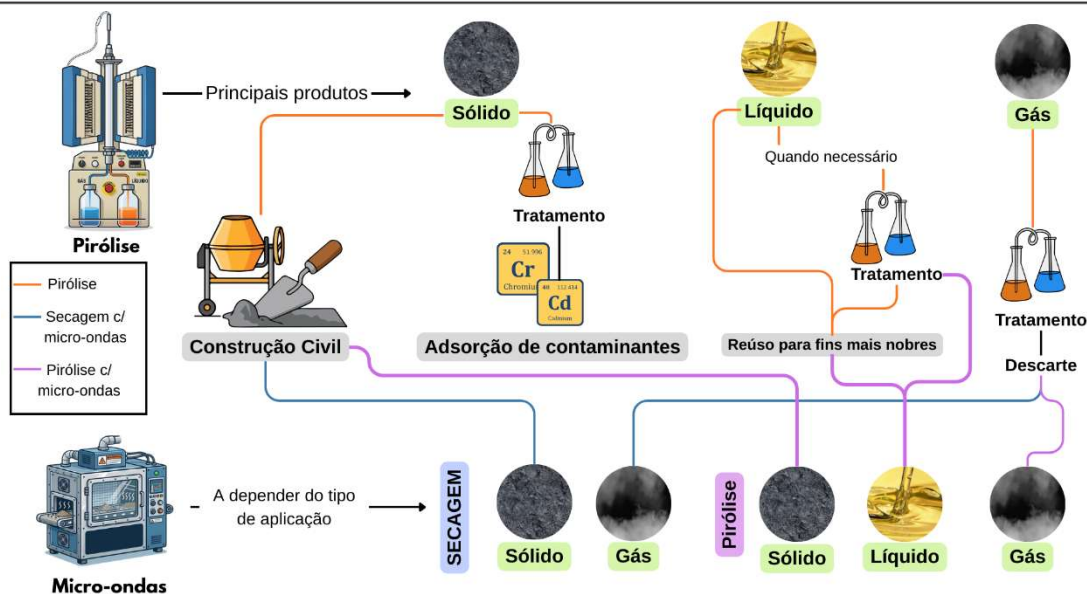


Figura 3: Rotas alternativas de tratamento e valorização dos cascalhos provenientes de perfuração de óleo e gás.

Por serem constituídos de óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro, os cascalhos podem ser uma alternativa de substituição do calcário e da argila na produção de cimento e de outros materiais que podem ser utilizados dentro da construção civil (ASIM et al., 2021; WANG et al., 2017). Já os resíduos sólidos descontaminados por meio de pirólise, estes têm sua aplicação principal na área ambiental. Devido à presença de óxidos metálicos em sua composição, os cascalhos descontaminados por meio da pirólise podem ser utilizados como adsorventes de metais pesados e fósforo em águas residuárias e solos contaminados e como catalisadores em processos de remediação de fármacos (DIAO et al., 2023; YANG et al., 2020; YANG et al., 2022).

## CONCLUSÕES

Estudos que avaliem diferentes tratamentos para descontaminação dos cascalhos ainda estão em desenvolvimento, visto que o aumento das publicações em relação ao gerenciamento desse resíduo iniciou nos anos 2017, aumento progressivamente nos anos sucessores. Devido a legislações mais restritivas para o descarte desse resíduo, a busca por tratamentos que removam de forma eficiente os contaminantes orgânicos presentes nos cascalhos se fez necessário.

Com base nos estudos encontrados na literatura, pode-se observar que as principais tecnologias térmicas que têm sido aplicadas para o tratamento dos cascalhos provenientes da perfuração de poços de petróleo são pirólise e micro-ondas, as quais podem remover com eficiência os compostos orgânicos aderidos aos cascalhos. Além disso, as principais aplicações atualmente relatadas na literatura são a aplicação como material para área da construção civil ou na remoção de contaminantes devido à característica adsorvente do cascalho descontaminado.

As técnicas de tratamento e valorização indicadas são promissoras para a gestão desse resíduo devido à capacidade de remoção quase completa de HTPs, HPAs e eventualmente óleo, possibilitando o reúso do cascalho ao final do processo, bem como da porção líquida recuperado por meio do tratamento. No entanto, é necessário ressaltar que as concentrações de compostos inorgânicos, como os metais pesados, e a possibilidade de lixiviação destes deve ser avaliada, visto que os tratamentos térmicos não os removem.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Encarte de consolidação da produção 2025: Boletim de produção de petróleo e gás natural. 2025.**
2. PEREIRA, L. B., SAD, C. M. S., CASTRO, E. V. R., FILGUEIRAS, P. R., LACERDA JR, V. **Environmental impacts related to drilling fluid waste and treatment methods: A critical review.** *Fuel*, v. 310, p. 122301, fev. 2022.
3. IOGP, I. A. of O. & G. P. **Drilling waste management technology review: A review of current and emerging techniques and technologies for managing wastes arising from drilling activities in the oil and gas sector.** [s.l: s.n.].
4. WANG, X.; JIN, W.; LI, Y.; LIU, S.; XU, J.; LIU, J.; LI, H.; LONG, T. Treatment advances of hazardous solid wastes from oil and gas drilling and production processes. **Chemical Engineering Journal**, v. 497, p. 154182, 2024.
5. ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
6. ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Science mapping analysis – A primer with Biblioshiny. **McGraw-Hill**, ISBN: 978-88-386-2297-7.
7. OSPAR. Offshore Industry Thematic Assessment. 2026. Disponível em: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/offshore-industry/response/>. Acessado: 9 abr. 2026
8. LV, Q.; WANG, L.; MA, S.; JIANG, J.; LIU, L.; ZHOU, Z.; LIU, L.; WANG, X.; BAI, J. Pyrolysis of oil-based drill cuttings from shale gas field: Kinetic, thermodynamic, and product properties. **Fuel**, vol. 323, p. 24332, 1 set. 2022a.
9. LV, Q.; WANG, L.; JIANG, J.; MA, S.; LIU, L.; ZHOU, Z.; LIU, L.; WANG, X.; BAI, J. Catalytic pyrolysis of oil-based drill cuttings over metal oxides: The product properties and environmental risk assessment of heavy metals in char. **Process Safety and Environmental Protection**, vol. 159, p. 354–361, 1 mar. 2022b.
10. HOU, Y.; QI, S.; YOU, H.; HUANG, Z.; NIU, Q. The study on pyrolysis of oil-based drilling cuttings by microwave and electric heating. **Journal of Environmental Management**, [N.p.], vol. 228, p. 312–318, 15 dez. 2018.
11. ASIM, N.; BADIEL, M.; TORKASHVAND, M.; MOHAMMAD, M.; ALGHOUL, M. A.; GASAYMEH, S. S.; SOPIAN, K. Wastes from the petroleum industries as sustainable resource materials in construction sectors: Opportunities, limitations, and directions. **Journal of Cleaner Production**, vol. 284, 15 fev. 2021.
12. WANG, C. qiang; JIN, J. zhong; LIN, X. yan; XIONG, D. ming; MEI, X. dong. A study on the oil-based drilling cutting pyrolysis residue resource utilization by the exploration and development of shale gas. **Environmental Science and Pollution Research** 2017 24:21, [N.p.], vol. 24, n° 21, p. 17816–17828, 12 jun. 2017.
13. DIAO, H.; YANG, H.; FENG, Q.; ZENG, G.; TANG, Y.; LIU, L.; XUE, Q.; XIA, S.; WU, Z.; ZHANG, Y. Efficient phosphorus recovery utilizing Magnesium-Modified Oil-Based drilling cutting Ash: Unraveling the role of ammonia nitrogen independent of struvite formation. **Separation and Purification Technology**, vol. 327, 15 dez. 2023.
14. YANG, H.; HUANG, S.; ZHANG, Y.; ZHOU, B.; MANZOOR AHMED, S.; LIU, H.; LIU, Y.; HE, Y.; XIA, S. Remediation effect of Cr (VI)-contaminated soil by secondary pyrolysis oil-based drilling cuttings ash. **Chemical Engineering Journal**, vol. 398, p. 125473, 15 out. 2020.
15. YANG, H.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; LIU, L.; XIA, S.; XUE, Q. Secondary pyrolysis oil-based drill-cutting ash for peroxymonosulfate/periodate activation to remove tetracycline: A comparative study. **Separation and Purification Technology**, [N.p.], vol. 294, p. 121264, 1 ago. 2022.