



REÚSO DE EFLUENTES PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA MINERAÇÃO: REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

David Veiga Soares⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestrando no Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e Analista Meio Ambiente Especialista da VALE S.A.

Márcia Viana Lisboa Martins⁽²⁾

Doutora em Aproveitamento da Energia pela Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP (2012), Mestre em Recursos Hídricos pela faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP (1997) e Engenheira Civil pela FEPI (1992). Atualmente é coordenadora do curso de Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica e Professora da Universidade Federal de Itajubá

Valmir de Albuquerque Pedrosa⁽³⁾

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Vereda da Vista, 87, casa, Condomínio Veredas das Geraes – Nova Lima – MG CEP: 34.012-055 - Brasil - Tel: +55 (31) 99302-8011 - e-mail: david.veiga.soares@gmail.com.

RESUMO

O aumento da demanda e a redução da disponibilidade de água juntamente com o avanço das regulações devem colaborar para a adoção do reúso de água proveniente de estação de tratamento de esgoto. O setor de mineração possui potencial para o emprego do reúso de água, visto que utiliza água em diversas etapas da cadeia produtiva. Este trabalho teve por objetivo uma revisão bibliométrica nas publicações disponíveis na base de dados Scopus visando localizar estudos relevantes sobre reúso de água proveniente de estação de tratamento de esgoto para usos na mineração. Utilizou-se os softwares *Rstudio*TM e *VOSviewer* para obter o número de publicações, os principais autores e periódicos, palavras-chave mais usadas e países que mais publicaram, além de análises de mapas correlacionando autores, países e citações. Totalizaram 374 artigos, sendo 35 artigos de revisão e do total, foram selecionados 33 mais alinhados ao tema pesquisado. Foi observado o crescimento acentuado das publicações a partir de 2008, mostrando que o reúso de água é relevante. Porém, foi identificado que o tema em questão não é muito publicado quando se trata de sua aplicação ao setor da mineração

PALAVRAS-CHAVE: reúso não potável, suprimento de água, mineração.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por uso de água no Brasil é crescentemente impulsionada pelo desenvolvimento econômico e o processo de urbanização do país. Nas duas últimas décadas houve aumento da ordem de 80% da retirada total de água e até 2030 estima-se um incremento de mais 26% (ANA, 2020).

As previsões futuras são de estresse hídrico e, além do aumento do consumo, outras causas para sua ocorrência são: o crescimento populacional, a poluição dos corpos hídricos, as condições climáticas locais desfavoráveis e as mudanças climáticas globais (AVELAR et al., 2021). Colaboram para esta situação os baixos índices de coleta e tratamento de esgoto, os elevados índices de perdas nos sistemas de distribuição de água, consequência do baixo investimento no setor de saneamento (SANTOS et al., 2021).

As secas e estiagens já são realidade no Brasil, visto que 51% dos municípios brasileiros já decretaram “Situação de Emergência (SE)” ou “Estado de Calamidade Pública (ECP)” entre os anos de 2003 e 2018 (ANA, 2020).

Diante deste contexto de escassez cada vez mais premente, é fundamental a busca por outras fontes alternativas de água para atender as demandas globais. Santos et al. (2021) destacam que, nos últimos anos, o reúso tem despontado como uma fonte alternativa sustentável de abastecimento de água não potável.



Um dos segmentos da economia mais importantes e evidentes para o desenvolvimento da sociedade é a mineração, pois seus produtos estão presentes em nossas casas, escolas, hospitais, obras de infraestrutura, indústria bélica, no setor de transportes, agricultura e alimentação.

O setor de mineração é responsável por 2% do uso consuntivo de água no país e 59% deste volume corresponde a extração de minérios de ferro (ANA, 2020).

Neste setor a grande parcela dos usos de água é para atividades de beneficiamento do minério, umectação de vias e controle de poeira, lavagem de máquinas, peças e veículos dentre outras atividades que podem ser supridas por água de reúso, visto que não requerem água com qualidade potável. Por outro lado, as estações de tratamentos de efluentes sanitários apresentam potencial para ofertar água de reúso que atendam essa demanda. Esta foi a iniciativa da mineradora Cerro Verde com operações no Peru, que investiu numa estação de tratamento de águas residuais de forma a garantir sua expansão e suprimento de água para a população de aproximadamente 1 milhão de pessoas da cidade de Arequipa (SHARE AMERICA, 2016).

Um dos obstáculos para propiciar o reúso de água proveniente das estações de tratamento de esgoto no Brasil é ausência de legislação à nível federal. A exceção a alguns estados, que já esboçam um arcabouço legal sobre o tema, por exemplo Minas Gerais, que instituiu a Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 18 de junho de 2020. Outro obstáculo é a carência de modelo técnico-econômico-jurídico que viabilize o reúso de água de estação de tratamento de efluentes ao setor da mineração com segurança. Portanto é fundamental vencer estes obstáculos para tornar esta prática comum e prioritária, principalmente, na concepção de projetos de mineração próximos a centros urbanos.

Subsídios financeiros, educação ambiental, comunicação e divulgação devem ser considerados no âmbito da política pública para fomentar o reúso de água de estação de tratamento de esgoto na mineração.

Diante deste cenário de aumento da demanda de água e redução da disponibilidade hídrica buscou, por meio da revisão bibliométrica, conhecer o panorama e evolução do tema reúso de água e, especificamente, do uso de efluentes tratados de estação de tratamento de esgoto como fonte alternativa de água não potável para a mineração.

2. METODOLOGIA

Segundo Guedes (2005), a bibliometria é constituída por um conjunto de leis e princípios empíricos. Estes contribuem com o estabelecimento dos fundamentos teóricos da Ciência da Informação.

A metodologia adotada foi a revisão sistemática considerando 6 etapas: i) definir o tema de pesquisa e objetivo; ii) definir a base de dados a ser consultada; iii) definir as palavras-chave; iv) definir as *strings* e selecionar a mais adequada para o aprofundamento da pesquisa; v) organizar o material encontrado; e vi) analisar os dados por meio de *softwares Rstudio*TM e *VOSviewer*.

A seguir são descritas as etapas supracitadas.

i. Definição do Tema e Objetivo da Pesquisa

O tema de pesquisa foi o reúso de água provenientes de estação de tratamento de esgotos municipais aplicado às empresas de mineração. O objetivo foi conhecer o estado da arte do tema proposto na mineração.

ii. Base de Dados

Como base de dados foi considerado os artigos publicados na base de dados Scopus devido esta base possuir inúmeras publicações na área de engenharias.

iii. Palavras-chave

Para a definição das palavras-chave foram verificadas quais são as palavras mais utilizadas para o reúso de água e efluentes no contexto da mineração. Esta consulta resultou em 29 palavras, sendo 13 selecionadas para combinar e construir 29 *strings*. Tais palavras foram: *effluent*, *industry*, *mining*, *municipal wastewater*, *non-potable*, *reclaimed water*, *recycled water*, *reuse*, *sewage*, *treated sewage effluent (TSE)* e *water*. Para a construção das *strings* utilizou-se os conectivos “AND”, condição “OR” e o caractere “*” e na base da Scopus aplicou-se o filtro “TITLE-ABS-KEY”.

As *strings* e o número de artigos identificados podem ser visualizados na Tabela 1.

iv. Definição e seleção da *string*

A partir das pesquisas pelas 29 *strings* estabelecidas, a *string* 11 foi a que teve o maior número de artigos identificados (24.967) e a *string* 29 o menor número (1), Tabela 1.

Observou que não há ganho em incluir a palavra não potável nas *strings* para pesquisas de reúso na indústria ou mineração. Assim, como critério de seleção foi escolhida a *string* que apresentou o maior número de artigos de revisão e a que continha a palavra *mining* na *string*, pois o objetivo era identificar publicações considerando o setor da mineração. O resultado da pesquisa com estes critérios foi a *string* número 13, consultada no dia 26/10/2021,

contendo, inicialmente, 382 artigos, sendo 35 artigos de revisão. Na Tabela 2 estão ordenadas as *strings* em ordem decrescente pelo número de artigos de revisão identificados.

**Tabela 1: Strings utilizadas**

ID	String	Artigos	Artigos de Revisão
1	<i>water* OR effluent* OR TSE* AND reuse* AND non-potable*</i>	324	31
2	<i>water* OR effluent* OR TSE* AND reuse* AND non-potable* AND mining*</i>	9	0
3	<i>water* OR effluent* OR TSE* AND reuse* AND non-potable* AND industry*</i>	27	2
4	<i>TSE* AND reuse* AND non-potable*</i>	2	1
5	<i>Sewage* AND reuse* AND non-potable* AND mining*</i>	4	0
6	<i>Sewage* AND reuse* AND mining*</i>	49	9
7	<i>Municipal wastewater* AND Reuse*</i>	1.485	111
8	<i>Municipal wastewater* AND Reuse* AND non-potable*</i>	36	6
9	<i>Municipal wastewater* AND Reuse* AND mining*</i>	20	4
10	<i>Municipal wastewater* AND Reuse* AND industry*</i>	160	18
11	<i>water* AND reuse*</i>	26.422	1455
12	<i>water* AND reuse* AND non-potable*</i>	323	32
13	<i>water* AND reuse* AND mining*</i>	382	36
14	<i>water* AND reuse* AND industry*</i>	3.697	313
15	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND water* AND municipal AND wastewater*</i>	1.647	124
16	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND water* AND municipal AND wastewater* AND industry*</i>	176	20
17	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND water* AND municipal AND wastewater* AND mining*</i>	22	5
18	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater*</i>	1.778	127
19	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND industry*</i>	185	20
20	<i>reuse* OR recycled AND water* OR reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND mining*</i>	22	5
21	<i>reuse* OR recycled AND water* AND municipal AND wastewater*</i>	1.612	120
22	<i>reuse* OR recycled AND water* AND municipal AND wastewater* AND industry*</i>	173	20
23	<i>reuse* OR recycled AND water* AND municipal AND wastewater* AND mining*</i>	22	5
24	<i>reuse* OR reclaimed AND water* municipal AND wastewater*</i>	1.661	119
25	<i>reuse* OR reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND industry*</i>	174	18
26	<i>reuse* OR reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND mining*</i>	20	4
27	<i>reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater*</i>	347	18
28	<i>reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND industry*</i>	32	1
29	<i>reclaimed AND water* AND municipal AND wastewater* AND mining*</i>	1	0

Tabela 2: Strings utilizadas

ID	Artigo Revisão
<i>String 11</i>	1.455
<i>String 14</i>	313
<i>String 18</i>	127
<i>String 15</i>	124
<i>String 21</i>	120
<i>String 24</i>	119
<i>String 07</i>	111
<i>String 13</i>	35

v. Organização do Material

Após selecionada a *string* número 13, utilizou-se o software *Mendeley*TM para organizar os artigos encontrados. Suas principais informações técnicas foram carregadas neste *software* por meio de arquivos no formato *BibTex*. Isso permitiu identificar de forma organizada os autores, títulos, resumo e referências. Dos 382 artigos identificados anteriormente na base do Scopus, após análise no *Mendeley*TM e avaliação dos títulos e resumos, 8 foram excluídos, pois não tinham identificação ou eram documentos duplicados, resultando em 374 artigos.

vi. Análise de Dados

Para análise de dados e elaboração de mapas bibliográficos dos 374 artigos encontrados foram utilizados os *softwares Rstudio*TM e *VOSviewer*, respectivamente. O primeiro foi utilizado para identificar quantos artigos foram publicados e em quais anos, quais autores foram mais relevantes, quais foram os países que mais publicaram sobre o tema, quais foram as palavras-chave que tiveram maior ocorrência e quais foram as fontes mais relevantes. Já o segundo *software* foi utilizado para compreender a correlação entre os autores, citações, cocitações e países.

3. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS *Rstudio*TM

Por meio do *software Rstudio*TM, obteve-se várias informações sobre os 374 artigos selecionados da base de dados Scopus.

Na Figura 1, pode-se observar um aumento no número de artigos publicados no período de 1970 a 2020, com uma tendência crescente mais acentuada a partir do ano 2008.

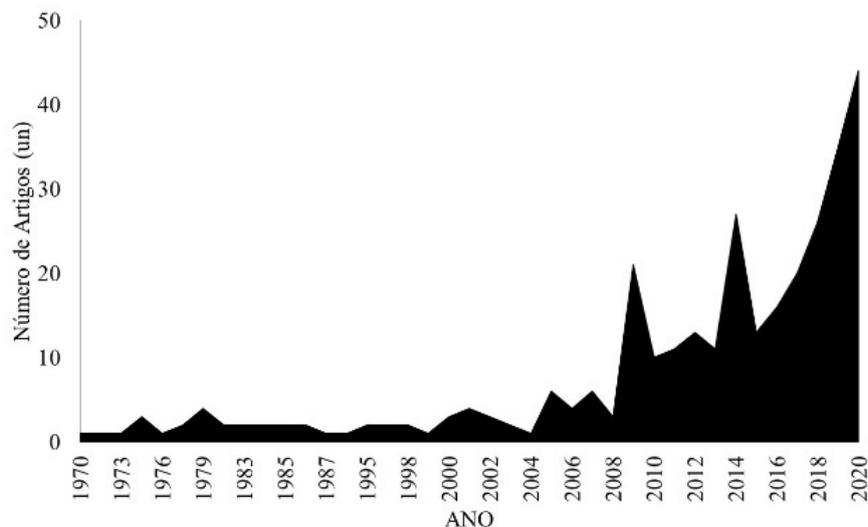


Figura 1: Número de artigos publicados entre os anos de 1970 e 2020

Referente aos autores mais relevantes destacou-se M. C. S. Amaral (2015, 2016, 2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2020a, 2020b, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com 13 artigos publicados referentes a temas de tratamento de água e efluentes de processos de mineração, anos 2015 a 2021 (Figura 2). Entretanto, suas publicações não foram referentes ao reúso de água proveniente de estação de tratamento de esgoto aplicados a mineração. Suas publicações foram sobre o reúso dos efluentes de drenagem ácida da mineração e recuperação de metais e ácidos. Já C. Makropoulos (2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2021) do Departamento de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental da Universidade Técnica Nacional de Atenas, Grécia, apresentou 6 publicações, sendo 5 mais aderentes a linha de pesquisa deste artigo.

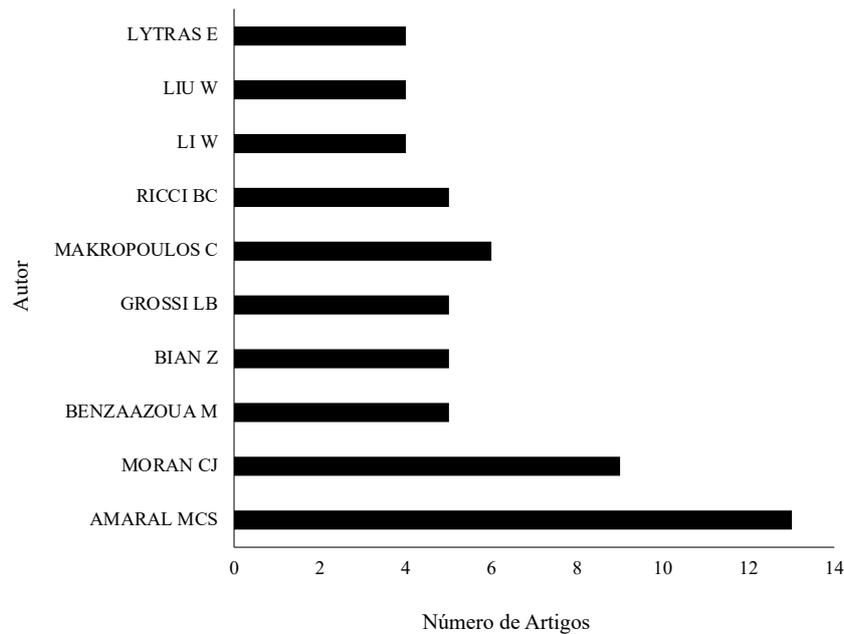


Figura 2: Autores mais relevantes

O Brasil destacou-se com 554 citações e ocupou o terceiro lugar entre os países mais citados, ficando atrás dos Estados Unidos e China respectivamente (Figura 3). Notou-se que os Estados Unidos e China são referências para o tema reúso de água pelo número de citações.

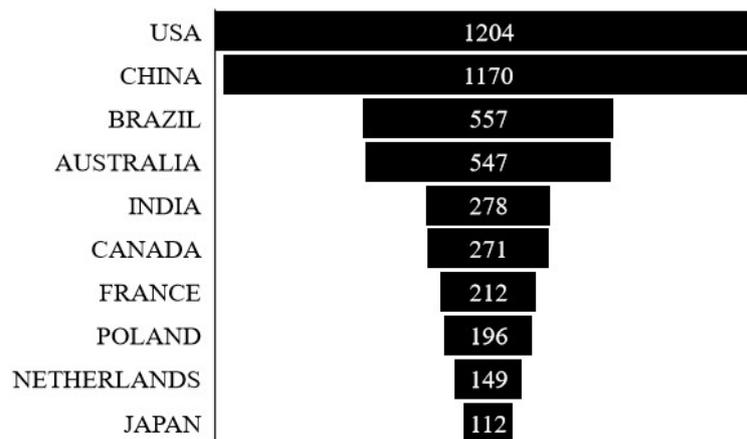


Figura 3: Países mais citados

Na Figura 4 foram apresentadas as palavras-chave mais relevantes tendo “*mining*” na primeira posição. Dentre as 10 palavras-chave mais relevantes, foi observada a palavra “artigo” com 58 ocorrências. Como esta palavra não agrega a pesquisa, os 374 artigos foram consultados e confirmou-se que essa palavra não apareceu nas palavras-chave. Assim a palavra “artigo” foi descartada e incluída a palavra que estava na décima primeira posição, *wastewater*. Outra observação é que a palavra “*reuse*” não apareceu entre as 10 palavras que tiveram o maior número de ocorrência. *Water reuse*, *reuse* e *wastewater reuse* apareceram na trigésima, na nonagésima sétima e na trecentésima décima posições.

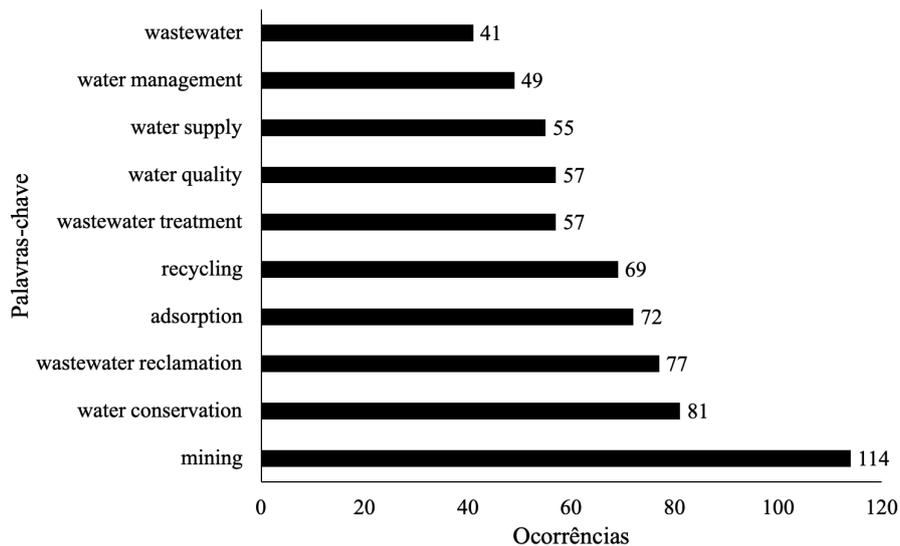


Figura 4: Palavras-chave mais relevantes

As fontes mais relevantes em relação ao tema são medidas pelo número de publicações ao longo dos anos (Tabela 3). Observa-se que há um equilíbrio no número de publicações entre as 5 fontes que mais publicaram ao longo dos anos, com número de 10 a 14 publicações.

Tabela 3: Fontes mais relevantes

Fonte	Número de Artigos
<i>Journal of cleaner production</i>	14
<i>Environmental science and pollution research</i>	11
<i>Separation and purification technology</i>	11
<i>Desalination</i>	10
<i>Desalination and water treatment</i>	10
<i>Water science and technology</i>	9
<i>Meitan xuebao/journal of the china coal Society</i>	8
<i>Minerals engineering</i>	7
<i>Journal of hazardous materials</i>	5
<i>Nongye gongcheng xuebao/ transactions of the chinese society of agricultural engineering</i>	5

3.2.RESULTADOS VOSviewer

Para obter os acoplamentos no *VOSviewer* algumas condições de entrada foram alteradas e estão indicadas a seguir, juntamente com os resultados.

Para a construção do mapa de citações entre os autores foram adotadas as seguintes condições de contorno: ignorado documentos com número de autores maior que 10, no mínimo 2 documentos por autor, no mínimo 10 citações por autor. Isso resultou em relações de 108 autores dos 1.701 autores. Dos 108 autores identificados foi aplicado o filtro de 10 autores.

Na Tabela 4 estão apresentados os autores mais relevantes considerando o número de documentos e citações. Destaca para M. C. S. Amaral com 13 documentos e 174 citações.

Tabela 4: Autor x Citação

Autor	Documentos	Citações
Bian Z.	5	419
Moran C.J.	10	327
Rubio J.	5	256
Amaral M.C.S.	13	174
Wang H.	3	161
Benzaazoua M.	6	145
Ricci B.C.	5	128
Bussière B.	3	108
Thiruvengkatachari R.	2	106
Ferreira C.D.	3	105

O mapa resultante desta análise, Figura 5, indica 4 grupos que se correlacionam destacados nas cores verde, vermelho, azul e amarelo.

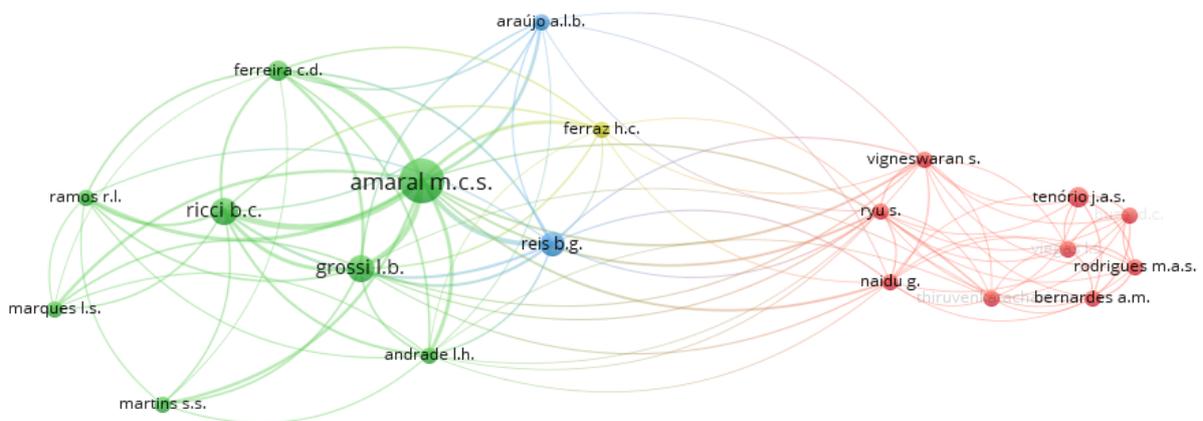


Figura 5: Mapa Citação de autores

Fonte: Análise de resultados - *VOSviewer*

Na Figura 6, pode-se observar a afinidade entre os países e as respectivas citações. Observa-se que, apesar do Brasil, Austrália e Canadá estarem em grupos distintos, estes fazem citações entre eles e é bem provável que isso deve-se a presença da mineração nestes países.

Na Figura 7 está apresentado o mapa de cocitação entre autores, que é a correlação entre dois artigos que foram citados em conjunto em um terceiro artigo. Este tipo de análise apresenta a relevância do artigo ou do autor entre outros autores.

indicaram potencial de conteúdo para contribuir com esta pesquisa. Segue os destaques dos 33 artigos selecionados para plena leitura:

- Primeira publicação foi em 1979 (THUSS M, 1979);
- País que mais publicou foi a Austrália, 10 artigos, e não teve concentração das publicações em um único autor;
- O segundo país que mais publicou foi a Grécia, 5 artigos, porém em todos eles o autor Makropoulos, C. esteve presente;
- Curioso foi não identificar publicações da China na seleção destes 33 artigos;
- 17 artigos não estavam disponíveis de forma gratuita com isso a análise ficou restrita aos resumos;
- Dos 16 artigos analisados foram identificados 53 documentos a partir de suas referências que incluem artigos, guias, livros. Destaque para o guia sobre o reúso desenvolvido para o estado de Vitória na Austrália (EPA, 2021). Este guia reúne diretrizes sobre o reúso que estavam separadas em outras 5 publicações, que indicam as classes de água de reúso para os respectivos usos e orientações para flexibilização de implementar práticas de reúso, incluindo dispensa de licenças e aprovações de obras para alguns casos;
- Identificado um artigo sobre reúso de água de estação de tratamento de esgoto para a mineração numa área desértica do México, porém somente seu resumo estava disponível limitando o entendimento (GAINÉZ, et al., 2009);
- Identificados diversos artigos sobre reúso referente aos processos da mineração, principalmente quando se trata da recuperação das águas de drenagem ácida de minas de carvão.

5. CONCLUSÃO

Os softwares *Rstudio*TM, *VOSviewer* e *Mendeley*TM são excelentes ferramentas para suportar a pesquisa bibliométrica. Os arquivos ficam organizados e é possível compreender rapidamente onde estão sendo desenvolvidas as pesquisas mais relevantes, por quem, quais são os principais países e autores. Importante também que os pesquisadores façam uma análise crítica dos resultados gerados pelos programas, pois foram identificados dois erros nos resultados gerados pelo *VOSviewer*. O primeiro foi a inconsistência no número de publicações dos autores M. C. S. Amaral e C. Makropoulos e o segundo foi a palavra artigo aparecer como palavra-chave entre 10 maiores ocorrências.

Foi observado o crescimento das publicações a partir de 2008 e com ascensão acentuada nos últimos anos, mostrando a relevância do tema reúso. Entretanto, quando se trata especificamente de reúso de água proveniente de estação de tratamento de efluentes sanitários para uso não potável na mineração não há publicações. Isto decorre deste tipo de reúso ser recente e as empresas, em geral, não costumam publicar suas inovações, a exemplo da iniciativa da mineradora Cerro Verde que não foi encontrado nesta pesquisa.

Conclui-se que há muita oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas de forma a preencher esta lacuna sobre o tema reúso de água proveniente de estações de tratamento de efluentes sanitários na mineração.

Por último, recomenda-se o aprofundamento desta pesquisa considerando como próxima etapa a análise dos 53 documentos identificados nas referências dos 16 artigos analisados. A expectativa é que nesta análise mais detalhada consolide as informações para o avanço da pesquisa que são as práticas de reúso de água de estações de tratamento de efluentes sanitários aplicados na mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, A.; ANDRADE, L.; GROSSI, L.; PIRES, W.; AMARAL, M. (2018a). *Acid mine drainage treatment by nanofiltration: A study of membrane fouling, chemical cleaning, and membrane ageing*. In: Separation and Purification Technology, v. 192, 185 – 1959, Feb/2018, 2018a.
2. AMARAL, M. C. S. et al. (2018b). *Integrated UF–NF–RO route for gold mining effluent treatment: From bench-scale to pilot-scale*. In: Desalination, v 440, 111-121, Aug/2018, 2018b.
3. ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020). “Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil 2020”, <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Brasília, DF: ANA, 2020.
4. ARCANJO, G. S.; SANTOS, C. R.; COSTA, F. C. R.; BATISTA, I. F.; AMARAL, M. C. S., (2021a). *Forward osmosis as an opportunity for acid mining effluent reuse - An assessment of concentration polarization effects on forward osmosis performance and economic aspects*. In: Separation Science and Technology (Philadelphia), v. 56, issue 14, 2426 – 2438, 2021a.

5. AVELAR, P. S. et al, (2021). Proposição de Uma Metodologia Estruturada de Avaliação do Potencial Regional de Reuso de Água: 02 – Planejamento Técnico e Estratégico. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v. 9, nº 2, 18-35, Set/2021, 2021.
6. MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa nº 65, de 18 de junho de 2020, Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
7. EPA VICTORIA, (2021). *Victorian Guideline for Water Recycling*, 2021.
8. FOUREAUX, A.F.S.; LEBRON, Y.A.R.; MOREIRA V.R.; GROSSI, L.B.; SANTOS, L.V.S.; AMARAL, M.C.S., (2020a). *Technical and economic potential of high-temperature NF and DCMD for gold mining effluent reclamation. In: Chemical Engineering Research and Design*, v. 162, 149 – 161, Oct/2020, 2020a.
9. FOUREAUX, A. F. S.; FOUREAUX; A.F.S.; MOREIRA, V. R.; LEBRON, Y. A. R.; SANTOS, L. V. S.; AMARAL, M. C. S., (2021b). *A sustainable solution for fresh-water demand in mining sectors: Process water reclamation from POX effluent by membrane distillation. In: Separation and Purification Technology*, v. 2561 Feb/ 2021, 2021b.
10. GAINÉZ, G. et al, (2009). *Municipal water reclamation for industrial water use in Mexico. In: Tecnologia del Agua*, v. 29, issue 309, 79 – 82. 2009.
11. GROSSI, L. B.; MAGALHÃES, N. C.; ARAÚJO, B. M.; DE CARVALHO, F.; ANDRADE, L. H.; AMARAL, M. C.S., (2021c). *Water conservation in mining industry by integrating pressure-oriented membrane processes for nitrogen-contaminated wastewater treatment: Bench and pilot-scale studies. In: Journal of Environmental Chemical Engineering*. v. 9, issue 1, Feb/2021, 2021c.
12. GUEDES, V.L.S.; BORSCHIVER S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. *In: Encontro Nacional de Ciência da Informação*, v. 6, ed. 1, 2005.
13. LEBRON, Y. A. R.; MOREIRA, Victor Rezende; AMARAL, M. C. S., (2021d). *Metallic ions recovery from membrane separation processes concentrate: A special look onto ion exchange resins. In: Chemical Engineering Journal*, v. 4251, Dec/2021, 2021d.
14. MAKROPOULOS, C. et al, (2018a). *Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. In: Journal of Environmental Management*, 2018a.
15. MAKROPOULOS, C. et al, (2017a). *Promoting on-site urban wastewater reuse through MBR-RO treatment. In: Desalination and Water Treatment*, 2017a.
16. MAKROPOULOS, C. et al, (2021). *Sewer mining as a distributed intervention for water-energy-materials in the circular economy suitable for dense urban environments: A real world demonstration in the city of athens. In: Water*, 2021.
17. PSARROU, E.; TSOUKALAS, I.; MAKROPOULOS, C., (2018b) *A Monte-Carlo-based method for the optimal placement and operation scheduling of sewer mining units in urban wastewater networks. In: Water*, 2018b.
18. RAMOS, R.L.; GROSSI, L. B.; RICCI, B. C.; AMARAL, M. C.S., (2020b). *Membrane selection for the Gold mining pressure-oxidation process (POX) effluent reclamation using integrated UF-NF-RO processes. In: Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 8, Oct/2020, 2020b.
19. REIS, B. G.; ARAÚJO, A. L. B.; AMARAL, M. C. S.; FERRAZ, H. C., (2018c). *Comparison of Nanofiltration and Direct Contact Membrane Distillation as an alternative for gold mining effluent reclamation. In: Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, v. 133, 24 – 33, Nov/2018, 2018c.



20. REIS, B. G.; ARAÚJO, A. L. B.; VIEIRA, C.; AMARAL, M. C. S.; FERRAZ, H. C., (2019). *Assessing potential of nanofiltration for sulfuric acid plant effluent reclamation: Operational and economic aspects. In: Separation and Purification Technology*. v. 222, 369 – 3801, Sep/2019, 2019.
21. RICCI, B. C.; FERREIRA, C. D.; AGUIAR, A. O.; AMARAL, M. C.S., 2015. *Integration of nanofiltration and reverse osmosis for metal separation and sulfuric acid recovery from gold mining effluent. In: Separation and Purification Technology*, v. 154, 11 – 215, Nov/2015, 2015.
22. RICCI, B. C.; FERREIRA, C. D.; MARQUES, L. S.; MARTINS, S. S.; AMARAL, M. C. S., (2016). *Assessment of nanofiltration and reverse osmosis potentialities to recover metals, sulfuric acid, and recycled water from acid gold mining effluent. In: Water Science and Technology*. v. 74, issue 2, 367 – 374, Jul/2016, 2016.
23. RICCI, B. C.; FERREIRA, C. D.; MARQUES, L. S.; MARTINS, S. S.; REIS, B. G.; AMARAL, M. C.S., (2017). *Assessment of the chemical stability of nanofiltration and reverse osmosis membranes employed in treatment of acid gold mining effluent. In: Separation and Purification Technology*. v. 174, 301 – 3111, Mar/ 2017, 2017.
24. SANTOS, A. S. P. et al, (2021). *Proposição de Uma Metodologia Estruturada de Avaliação do Potencial Regional de Reuso de Água: 01 – Terminologia e Conceitos de Base. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v. 9, nº 2, 1-17, Set/2021, 2021.
25. SHARE AMERICA. *Esta mineradora peruana produz água limpa para Arequipa*, 2016. Disponível em: <https://share.america.gov/pt-br/esta-mineradora-peruana-produz-agua-limpa-para-arequipa/>. Acesso em: 22 de abril de 2022.
26. SILVA, M.R.; REIS, B.G.; AMARAL, M.C.S., (2020c). *Improving the energetic efficiency of direct-contact membrane distillation in mining effluent by using the waste-heat-and-water process as the cooling fluid. In: Journal of Cleaner Production*, v. 2601, Jul/2020, 2020c.
27. TSOUKALAS, I.; MAKROPOULOS, C.; MICHAS, S., (2017b). *Identification of potential sewer mining locations: A Monte-Carlo based approach. In: Water Science and Technology*, 2017.