



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



O uso de Parâmetros Físico-Químicos na Delimitação de Contaminação por Lixiviado em Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão Sistemática de Literatura com Ênfase em Metanálise

Júlia Neves da Silva¹, Luciano Soares da Cunha², Nicole Evelyn Carvalho de Oliveira³

¹ Graduanda em Geografia pela Universidade de Brasília (UnB). Departamento de Geografia, CEP: 70910-900, Asa Norte (DF), Brasil, Tel.: (+55 61) 98664-1887, julianeves122@gmail.com (corresponding author). ² Doutor em Hidrogeologia pela Universidade de Brasília (UnB). Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicada, CEP: 70910-900, Asa Norte (DF), Brasil, Tel.: (+55 61) 98128-0440, luciano.soares.unb@gmail.com. ³ Graduada em Geofísica pela Universidade de Brasília (UnB). Instituto de Geociências, CEP: 70910-900, Asa Norte (DF), Brasil, Tel.: (+55 61) 98637-1795, nicoleevelyncarvalho@gmail.com.

Artigo recebido em 01/09/2021 e aceito em 16/05/2022

RESUMO

Os principais produtos gerados pela decomposição de resíduos sólidos descartados em lixões, aterros controlados ou aterros sanitários são o lixiviado, e gases como metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). O lixiviado pode ser definido como um líquido escuro, de mau cheiro e com composição química, a qual é dependente dos estágios de decomposição da matéria orgânica, da natureza dos resíduos lançados, das condições ambientais e da idade e modo de operação do aterro. As etapas de degradação da matéria orgânica envolvem processos aeróbicos e anaeróbicos que definem os estágios de estabilização biológica de um aterro. Neste sentido, de forma a avaliar a evolução da utilização dos parâmetros físico-químicos e determinar quais parâmetros são imprescindíveis na delimitação de contaminação por lixiviado de resíduos sólidos urbanos foi realizada uma revisão sistemática de literatura com ênfase em metanálise para a compreensão do estudo. As variações sazonais, principalmente no que se diz respeito ao regime de chuvas, alteram parâmetros geoquímicos e acabam influenciando na estabilidade biológica dos aterros.

Palavras-chaves: contaminação, água subterrânea, lixiviados, lençol freático.

The use of Physico-Chemical Parameters in the Delimitation of Leachate Contamination in Areas Degraded by Urban Solid Waste: A Systematic Review of Literature with Emphasis on Meta-analysis

ABSTRACT

The main products generated by the decomposition of solid waste disposed of in dumps, controlled landfills or sanitary landfills are leachate, and gases such as methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂). Leachate can be defined as a dark, foul-smelling liquid with a chemical composition that is dependent on the stages of decomposition of organic matter, the nature of the waste disposed of, environmental conditions, and the age and mode of operation of the landfill. The organic matter degradation stages involve aerobic and anaerobic processes that define the biological stabilization stages of a landfill. In this sense, to evaluate the evolution of the use of physicochemical parameters and determine which parameters are essential in the delimitation of contamination by leachate from municipal solid waste, a systematic literature review with emphasis on meta-analysis was performed for the understanding of the study. The seasonal variations, especially concerning rainfall, change geochemical parameters and ultimately influence the biological stability of landfills.

Keywords: contamination, groundwater, leachate, groundwater.

Introdução

A contaminação dos recursos hídricos superficiais, subterrâneos e solos é um problema ambiental grave com potencial crescente quando constatado que as áreas destinadas a deposição de resíduos sólidos urbanos não se encontram adequadamente preparadas para captar, drenar e tratar os lixiviados gerados pela decomposição do material orgânico aterrado. O volume de lixiviado

produzido é acrescido por parte da precipitação que infiltra a camada final de cobertura de solo e/ou as camadas intermediárias de solo durante a operação nas frentes de aterramento dos resíduos.

Esse lixiviado, popularmente denominado de chorume, é um líquido escuro, de mau cheiro e com composição complexa, a qual é dependente dos estágios de decomposição da matéria orgânica,

da natureza dos resíduos lançados, das condições ambientais e da idade e modo de operação da área de aterramento (Del Rey et al., 2020). Devido a sua natureza complexa, uma grande diversidade de parâmetros físicos e químicos são utilizados na identificação e delimitação (Atta, Yaccob & Jaafar, 2015; Jiang et al., 2019; Ya et al., 2019; Nevondo, Malehase, Daso & Okonkwo, 2019; Mor, Ravindra, Dahiya & Chandra, 2006; Enekwechi & Longe, 2007; Geravand, Momenpour, Houreh & Kamsari, 2017; Falcão et al., 2013; Zhai et al., 2019; Ahmed et al., 2018; Nagarajan, Thirumalaisamy & Lakshumanan, 2012; Negi et al., 2018; El-Salam & Abu-Zuid, 2014; Chidichimo et al., 2019; Rapti-Caputo & Vaccaro, 2006; Christensen et al., 1997; Kjeldsen et al., 1997; Vodyanitskii, 2016; Reyes-López et al., 2008; Fatta, Papadopoulos & Loizidou, 1999; Jensen, Ledin & Christensen, 1998; Boateng, Opoku & Akoto, 2018; Heaton et al., 2014; Lopes et al., 2012; Stefania et al., 2018; Mohammadzadeh & Clark, 2005; Palma, Ferrantell, Merli & Petrucci, 2016; North et al., 2005; Alemayehu, Mebrahtu, Hadera & Bekele, 2016; Amorello, Barreca, Gambacurta, Gulotta, Orecchio & Pace, 2016; Scholl et al., 2006; Jun et al., 2008; Sun, Hattermann, Pattyn, Nicholls, Drews & Berger, 2019; Banch, Hanafiah, Alkarkhi, & Abu Amr, 2019; Mangimbulude, Goeltom, Van Breukelen, Van Straalen, & Röling, 2016; Papadopoulou et al., 2007; Tsanis, 2005; Szymański, Janowska, Iżewska, Sidelko & Siebielska, 2018; Dang et al., 2009; Pujiindiyati, Satrio & Prasetyo, 2018; Bichet, Grisey & Aleya, 2016; Vilomet et al., 2001; Bagheri et al., 2017; Alslaibi, Mogheir & Afifi, 2010; An et al., 2013) da área contaminada, envolta dos limites das áreas degradadas pela deposição dos resíduos. De forma a avaliar a evolução da utilização dos parâmetros físico-químicos e determinar quais parâmetros são imprescindíveis na delimitação de contaminação por lixiviado de resíduos sólidos urbanos foi realizada uma revisão sistemática de literatura com ênfase em metanálise. Revisão Sistemática e Metanálise

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é uma técnica de investigação científica com objetivo de reunir, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de múltiplos estudos primários. Permite, dentro de uma área do conhecimento, identificar, avaliar e interpretar os estudos mais relevantes em uma temática com a produção de uma síntese crítica das principais evidências, evolução e, talvez o mais importante, resalta temas negligenciados que podem indicar a proposição de futuros temas no processo de tomada

de decisão para novas pesquisas. Revisões sistemáticas da literatura concentram a identificação de pesquisas anteriores; avaliação dos resultados sistematicamente e com recursos estatísticos, por meio de síntese. Tem como principais características possuir um conjunto de objetivos claramente pré-definidos, critérios de elegibilidade pré-definidos, ser explícita e reproduzível e reduzir a margem de tendência na condução de uma revisão de literatura, muito comum em revisões que não seguem essa sistemática (Petticrew & Roberts, 2012). Quando a revisão sistemática apresenta uma análise estatística com o objetivo de integrar os resultados, recebe a denominação de metanálise ou enfoque metanalítico (Mariano & Santos, 2017).

Compreende três etapas de desenvolvimento (Planejamento, Execução e Documentação). O Planejamento tem início com a definição do protocolo que por sua vez, especifica todos os passos do método que serão seguidos. A definição da questão principal e demais parâmetros orientadores da revisão, neste momento, garante com antecedência que os métodos empregados serão padronizados e com redução do risco de viés ("Systematic Reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care," 2009). A Execução compreende objetivamente o cumprimento do protocolo por completo onde inicia-se pelo acesso às bases de dados com a utilização das palavras-chaves em processos de buscas avançadas por meio de *strings*. A Documentação apresenta o produto da revisão que deve possuir um conjunto mínimo de itens (Checklist) compondo o documento final dos relatórios (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman, 2009)

As etapas envolvidas são baseadas em pesquisas por evidências tendo como principais etapas (Gomersall et al., 2014), (Figura 1): Elaboração do Protocolo da revisão que contém a formulação da Questão Principal, Palavras-Chaves, Critérios de Inclusão/Exclusão e Seleção da Bases de Dados; (Busca dos estudos primários (artigos) nas Bases de Dados; Seleção dos estudos primários (baseados nos critérios de inclusão/exclusão); Extração de dados usando uma ficha-síntese elaborada paralelamente ao protocolo; Análise e Síntese dos dados extraídos focados na formulação da resposta para a Questão Principal; Sugestão temática para novas pesquisas.

I - Elaboração do Protocolo

O Protocolo será o documento orientador da Revisão Sistemática que contém a Questão

Principal formulada, Palavras-Chaves, Critérios de Inclusão/Exclusão e Seleção da Bases de Dados. Após a definição da questão principal a definição das palavras-chaves é uma consequência, mas, na revisão sistemática é importante a definição de combinação de palavras-chaves ou expressão de palavras com o uso de operadores booleanos (AND, OR etc.) para serem utilizados nas buscas avançadas das bases de dados selecionadas. É necessário definir estratégias de busca por meio dos delimitadores: período, espaço geográfico, tipo de documento etc. A definição dos critérios de

inclusão ou exclusão dos artigos serão utilizados pelo(s) revisores internos, normalmente, um membro da equipe de pesquisa, para auditar os documentos identificados nas bases de dados e avaliar sua afinidade com o tema da revisão sistemática. Os critérios de inclusão/exclusão tornam-se um filtro efetivo para evitar-se a tendência de inclusão excessiva e desnecessária de artigos de áreas afins e ao mesmo tempo não pertinentes à pesquisa em questão.

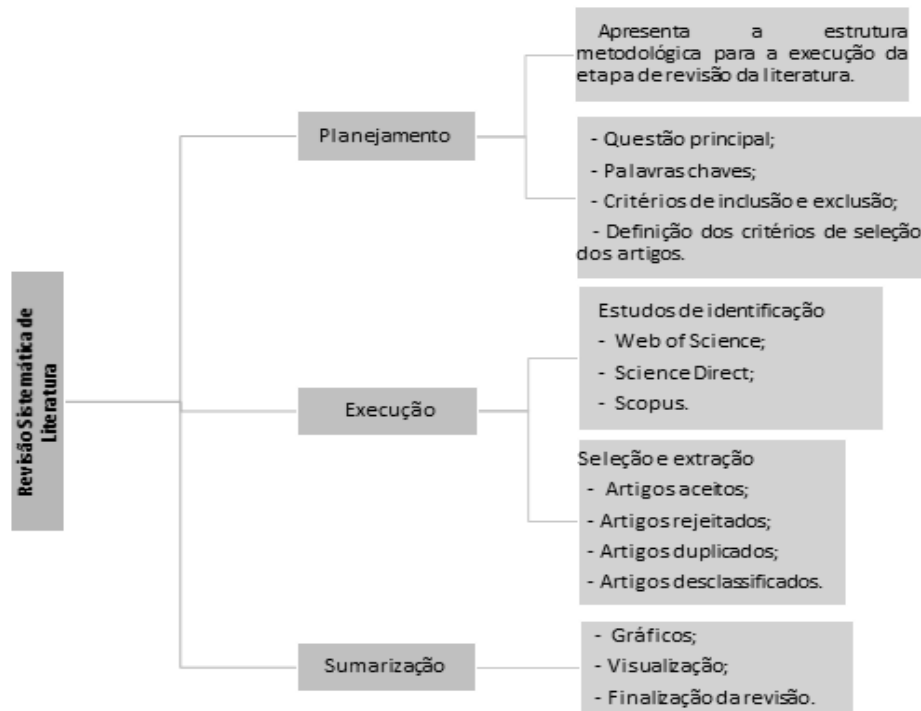


Figura 1 – Fluxograma sintetizando as etapas de Revisão Sistemática de Literatura desenvolvida nesta pesquisa

Permite que a abrangência do assunto a ser estudado determine o procedimento de amostragem, ou seja, quanto mais amplo for o objetivo da revisão mais seletiva deverá ser o revisor quanto à inclusão da literatura a ser considerada (Mother et al., 2015). A omissão do procedimento de amostragem pode ser a maior ameaça na validade da revisão. Esse procedimento de inclusão e exclusão de artigos deve ser conduzido de maneira criteriosa e transparente, uma vez que a representatividade da amostra é um indicador da profundidade, qualidade e confiabilidade das conclusões finais da revisão. O ideal seria a inclusão de todos os artigos encontrados, ou até mesmo a aplicação de uma seleção aleatória. Quando isto não é possível, o revisor deve deixar claro quais são os critérios de inclusão e exclusão adotados para a elaboração da

revisão (Mendes, Silveira & Galvão, 2008). A seleção das bases de dados a ser utilizada está intrinsecamente relacionada às grandes áreas de conhecimento que a pesquisa está inserida. A recomendação geral é selecionar no mínimo duas, sendo mais coerente com a sistemática de uma revisão dessa natureza selecionar todas as bases de dados na grande área de conhecimento da pesquisa em questão.

II - Busca nas Bases de Dados e III - Seleção dos estudos primários

O processo de seleção dos artigos é feito nas bases com a utilização das palavras-chaves em processos de buscas avançadas por meio de *strings*, compreendendo uma triagem inicial a partir do título, palavra-chave e resumo. Após a busca nas bases de dados é realizada a seleção dos estudos

primários por meio de uma auditoria realizada pelo revisor interno. Utilizando os critérios de inclusão/exclusão é feita a seleção dos artigos que serão lidos na íntegra para a extração das informações previstas na ficha-síntese, elaborada paralelamente à criação do protocolo.

IV - Extração de dados

Esta etapa consiste na definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados, utilizando um instrumento para reunir e sintetizar as informações-chave (Mendes et al., 2008). O nível de evidência dos estudos deve ser avaliado a fim de determinar a confiança no uso de seus resultados e fortalecer as conclusões que irão gerar o estado do conhecimento atual do tema investigado (Polit & Beck, 2006). É análoga à etapa de coleta de dados de uma pesquisa convencional (Mendes et al., 2008). O objetivo aqui é organizar e sumarizar as informações de maneira concisa, formando um banco de dados de fácil acesso e manejo. A elaboração de uma ficha-síntese específica para cada pesquisa onde contenha campos cujas informações contemplem a amostra do estudo, tipo de estudo (experimento em campo, laboratório etc.), os objetivos, materiais, métodos, resultados e as principais conclusões de cada estudo.

V - Análise e Síntese dos dados extraídos

De posse das informações extraídas, a etapa de análise dos dados quando não envolve a meta-análise é comum a qualquer tipo de pesquisa onde os dados são processados tendo em foco a questão principal fundamentada. Quando a ênfase meta-analítica é planejada para ocorrer é nesta fase que ela é desenvolvida.

Em uma revisão sistemática inicia-se pela visualização dos dados (informações) por meio de tabelas que sintetizam quais parâmetros são comuns na maioria dos estudos primários, quais as características observadas em cada estudo, processamentos utilizados, resultados obtidos e principais conclusões alcançadas. A construção de gráficos complementa a validade da análise obtida detalhadamente. Essa análise deve ser realizada de forma crítica, procurando explicações para os resultados diferentes ou conflitantes nos diferentes estudos (Mendes et al., 2008).

VI - Sugestão temática para novas pesquisas

Esta etapa corresponde à fase de discussão dos principais resultados na pesquisa convencional. Devido à ampla revisão conduzida, é possível identificar fatores que afetam os estudos

primários identificados, podendo ser realizado uma avaliação crítica com a comparação do conhecimento teórico, a identificação de conclusões e implicações resultantes da revisão integrativa.

Para obter uma visão geral da literatura por meio da metanálise sobre o tema, a nível de publicação, primeiro avalia-se a relação das publicações (Rodrigues, Van Eck, Waltman & Jansen, 2014). Isso é realizado com base nas relações de citação direta e indireta entre as publicações. Duas publicações têm uma relação de citação direta se uma publicação cita a outra e isto pode ser utilizado para avaliar as relações de coautoria com a unidade de pesquisa pode ser, p. ex., artigos ou instituições de pesquisa. A citação indireta, se ambas citam a mesma publicação, o denominado acoplamento bibliográfico. Quando analisado por conjunto de 03 a 05 anos mais recentes apresenta uma tendência das linhas de pesquisas a serem consolidadas nos próximos anos dentro daquela temática (Mariano & Santos, 2017). Já quando ambas são citadas pela mesma publicação (Cocitação) apresentam-se as principais referências bibliográficas até o momento sobre este tema.

A identificação de novas temáticas para futuras pesquisas será complementada com todo o conjunto de produtos obtidos pela análise meta-analítica da coautoria, cocitação (autores e documentos) e acoplamento bibliográfico, além das lacunas temáticas identificadas na análise dos dados das tabelas-síntese. As análises de coautoria e cocitação permitem conhecer a estrutura da rede de pesquisadores existente atualmente e núcleos de produção de pesquisa e referências bibliográficas chaves. O acoplamento bibliográfico é uma técnica para medir a similaridade de duas fontes de documentos utilizando-se da contagem do número de referências bibliográficas comuns (Cardoso, Silva, Silva & Corso, 2013; Kessler, 1963). Na análise de cocitação tanto de documentos quanto de autores, as técnicas utilizadas são as mesmas, o que muda é a unidade de análise ou de contagem (Cardoso et al., 2013).

A análise de cocitação de autores (ACA) é baseada na suposição de que cocitação é uma medida da percepção de semelhança, ligação conceitual ou relação cognitiva entre dois itens cocitados (documentos ou autores) (Cardoso et al., 2013).. Nesta técnica, uma matriz de cocitação compilada é normalizada para uma medida de similaridade para que se possa realizar as análises de cluster e a escala multidimensional (Cardoso et al., 2013). A ACA seleciona apenas os autores que

possuem um elevado grau de interconexão com outros pesquisadores.

Material e métodos

Para o planejamento e execução da revisão optou-se pela utilização do software de domínio público StArt (Lapes/UFScar) versão 3.3 betas (Figura 2). Apesar de opções aparentemente com interfaces mais amigáveis e com perspectiva de possuir mais ferramentas, optou-se pelo apoio e fortalecimento do uso de um software nacional, desenvolvido em uma Universidade Federal. Esse software está estruturado de uma forma didática e objetiva, aplicando etapas bem definidas de acordo

com um protocolo previamente elaborado, no caso desse estudo, apresenta a estrutura metodológica para a execução da etapa de revisão da literatura sobre o uso de parâmetros físico-químicos na delimitação de contaminação por lixiviação em áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos.

Os passos executados nesta pesquisa são os mesmos passos a serem seguidos no StArt, praticamente, onde inicia-se pela (i) definição do protocolo de pesquisa; (ii) importar os dados dos artigos obtidos nas bases de dados; (iii) seleção dos artigos; (iv) classificação dos artigos a serem lidos na íntegra; (v) sumarização por meio de gráficos com ênfase estatística dos resultados.

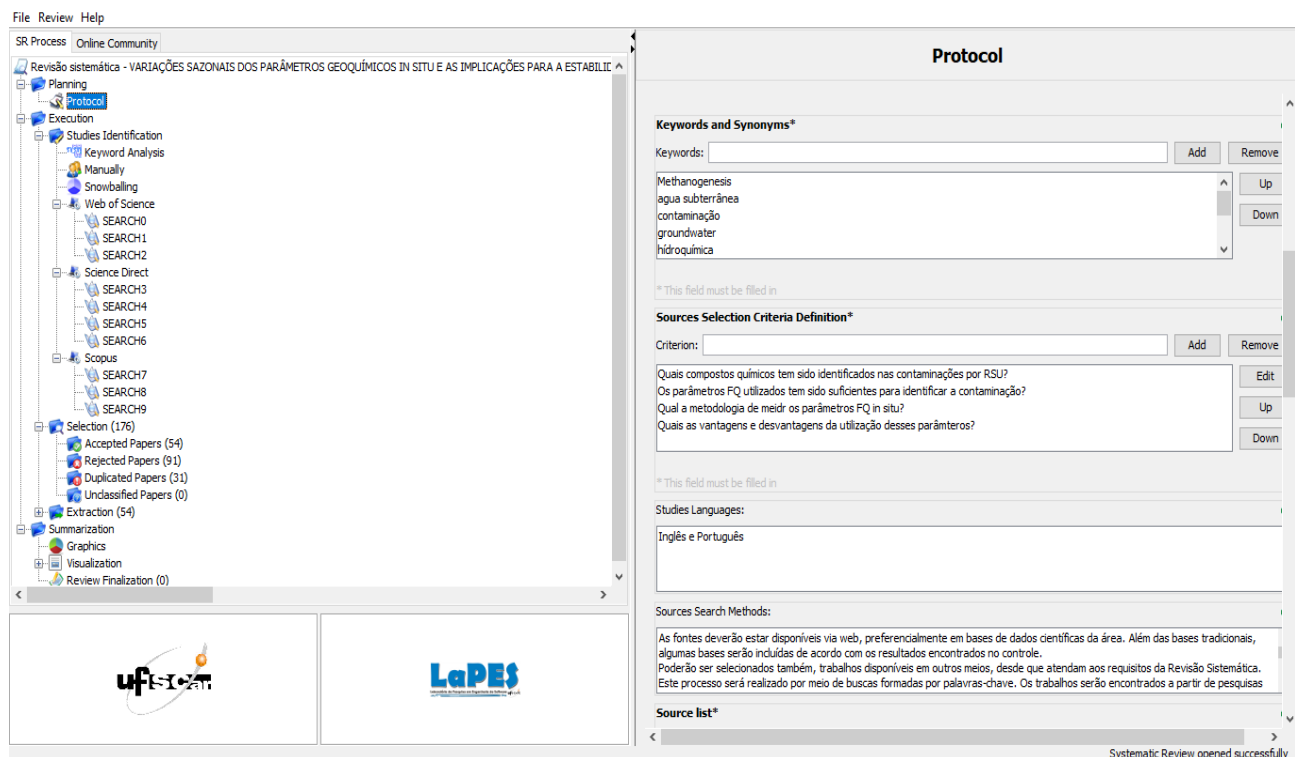


Figura 2 -Interface do StArt (Lapes/UFScar) ressaltando a árvore de arquivos e a etapa do planejamento que contém o protocolo da pesquisa.

Planejamento

O planejamento é a parte inicial do processo de revisão sistemática, é nesse momento que é feito o protocolo, um documento orientador que contém a Questão Principal formulada, Palavras-Chaves, Critérios de Inclusão/Exclusão e Seleção da Bases de Dados. Após a definição da questão principal a definição das palavras-chaves é uma consequência, mas, na revisão sistemática é importante a definição de combinação de palavras-chaves ou expressão de palavras com o uso de operadores booleanos (AND, OR etc.) para serem utilizados nas buscas avançadas das bases de dados selecionadas. É necessário definir estratégias de

busca por meio dos delimitadores: período, espaço geográfico, tipo de documento etc. A definição dos critérios de inclusão ou exclusão dos artigos serão utilizados pelo(s) revisores internos, normalmente, um membro da equipe de pesquisa, para auditar os documentos identificados nas bases de dados e avaliar sua afinidade com o tema da revisão sistemática. Os critérios de inclusão/exclusão tornam-se um filtro efetivo para evitar-se a tendência de inclusão excessiva e desnecessária de artigos de áreas afins e ao mesmo tempo não pertinentes à pesquisa em questão. Permite que a abrangência do assunto a ser estudado determine o procedimento de amostragem, ou seja, quanto mais amplo for o objetivo da revisão mais seletiva

deverá ser o revisor quanto à inclusão da literatura a ser considerada. O procedimento de inclusão e exclusão de artigos deve ser conduzido de maneira criteriosa e transparente, uma vez que a representatividade da amostra é um indicador da profundidade, qualidade e confiabilidade das conclusões finais da revisão. O ideal seria a inclusão de todos os artigos encontrados, ou até mesmo a aplicação de uma seleção aleatória. Quando isto não é possível, o revisor deve deixar claro quais são os critérios de inclusão e exclusão adotados para a elaboração da revisão. A seleção das bases de dados a ser utilizada está intrinsecamente relacionada às grandes áreas de conhecimento que a pesquisa está inserida. A recomendação geral é selecionar no mínimo duas, sendo mais coerente com a sistemática de uma revisão dessa natureza selecionar todas as bases de dados na grande área de conhecimento da pesquisa em questão.

Protocolo de pesquisa

No protocolo define-se a questão principal da revisão, palavras-chave, bases de dados e os critérios de inclusão/exclusão para a seleção e classificação dos artigos (Quadro 1). A questão principal formulada para a pesquisa foi: Quais os parâmetros físico-químicos são utilizados para um monitoramento sazonal *in situ* em áreas degradadas por RSU? As palavras-chave foram definidas pelos pesquisadores e estruturadas na *string* (landfill AND groundwater AND contamination), após ajustes e testes preliminares nas bases de dados. Essa etapa também pode ser realizada por uma análise prévia de alguns artigos que abordam o tema de forma menos sistematizada em bases de dados menos restritivas como o Google Acadêmico.

Quadro 1 - Parâmetros do Protocolo definidos para a pesquisa.

PARÂMETROS	IDENTIFICADOR
MEMBROS DO GRUPO DE PESQUISA	Revisor A e Revisor B
TIPO DE PESQUISA	Investigações em campo
PALAVRAS-CHAVE ESTRUTURA EM STRING	(landfill AND groundwater AND contamination)
BASE DE DADOS	Web of Science/Scopus/Science Direct
DELIMITADORES	- Ano de publicação: 1990-2020 - Tipo de publicação: Apenas artigos disponíveis online. - Idioma: Inglês. - Área da pesquisa: sem restrição.
CRITÉRIOS DE: INCLUSÃO (I) EXCLUSÃO (E)	(I) Serão incluídos trabalhos que utilizem os parâmetros FQ em pesquisas de monitoramento ou identificação de contaminação por RSU. (I) Serão incluídos trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases científicas buscadas. (I) Serão incluídos trabalhos oriundos de pesquisas sobre contaminação por RSU. (E) Serão excluídos os trabalhos que não façam uso de parâmetros FQ. (E) Serão excluídos os trabalhos que utilizem os parâmetros FQ em outras pesquisas (E) Serão excluídos os trabalhos que não apresentem resumo/abstract (E) Serão excluídos os trabalhos que não apresentem DOI.

Essa etapa se refere a busca nas bases de dados, nesse caso, foram realizadas nas bases de dados da Web of Science, Scopus and Sciencedirect considerando os critérios de busca por *string* junto com as palavras chaves e os outros critérios delimitadores mencionados na estrutura no Quadro 1. Como resultado das buscas, obteve-se um total de 176 artigos: 27 na Science Direct, 18 no Scopus e 131 na Web of Science. Para cada base de dados, as buscas contendo o registro do título, abstract e palavras-chave foram exportadas em formato “. bibtex” e importadas no StArt 3.0.3. A etapa de seleção e exclusão dos artigos foi feita por

meio da leitura do título, do *abstract* e das palavras-chave e com a utilização dos critérios de inclusão/exclusão classificando-os em aceitos ou rejeitados. Os artigos duplicados/repetidos são classificados automaticamente e referem-se a artigos que aparecem duplicados em uma mesma base de dados devido a referências diferentes do mesmo artigo ou artigos repetidos que aparecem em diferentes bases de dados. Como resultado dessa etapa, 54 artigos foram aceitos para a etapa posterior, 91 foram rejeitados e 31 artigos estavam duplicados. Os artigos selecionados foram divididos em 4 grupos temáticos: métodos

analíticos, métodos de remediação, contaminação por lixiviados e modelagem da pluma de contaminação. Nesse trabalho só serão mostrados os resultados da fusão dos grupos temáticos métodos analíticos e de contaminação por lixiviados que totalizam 24 artigos selecionados.

Resultados

A visualização da rede dos núcleos de pesquisas sobre a temática é apresentada na Figuras 5a e 5b para o período de 1990-2020 com a análise de coautorias sendo realizada com as publicações. Essa relação reflete como estão estruturadas as redes de pesquisadores quando considerada no mínimo 03 documentos por autor e no mínimo 01 citação da publicação (Figura 3a). Nesta forma gráfica o tamanho do símbolo reflete o número de publicações. A intensidade das relações está refletida nas espessuras das linhas e na proximidade entre os centros dos núcleos (círculos), não apresentados aqui. Entre os diversos núcleos (*clusters*) identificados, 02 são mais estruturados. Essas relações entre eles são computadas como as mais fortes considerando as autorias como a unidade de análise e o número de publicações e citação como o peso utilizado no cálculo dessas ligações (links), ou na força total dessas ligações (total link strength). A Figura 3b ressalta a composição do Núcleo 1 (*Cluster*)

composto por 05 pesquisadores de uma mesma instituição. O Cluster 2 com menos pesquisadores e de outro país tem mais citação individualmente realizada internamente dentro do cluster, mas com menor número total de documentos (não mostrado aqui).

As relações de associação e intensidade de coautoria podem ser avaliadas considerando os institutos de pesquisas como a unidade de análise, mas aqui não será apresentado o gráfico correspondente. As informações extraídas desses produtos foram acrescidas no Quadro 02 onde se observa que os núcleos de pesquisadores estão muito concentrados em uma mesma instituição.

Quadro 2 – Identificação dos núcleos de pesquisadores (clusters) associados em relação à coautoria.

CLUSTER	PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO	PAÍS
1	Bonomi, T.	Univ. Milano	Itália
1	Fumagalli, L.	Univ. Milano	Itália
1	Rotiroli, M.	Univ. Milano	Itália
1	Stefania, G.	Univ. Milano	Itália
1	Zanoti, C.	Univ. Milano	Itália

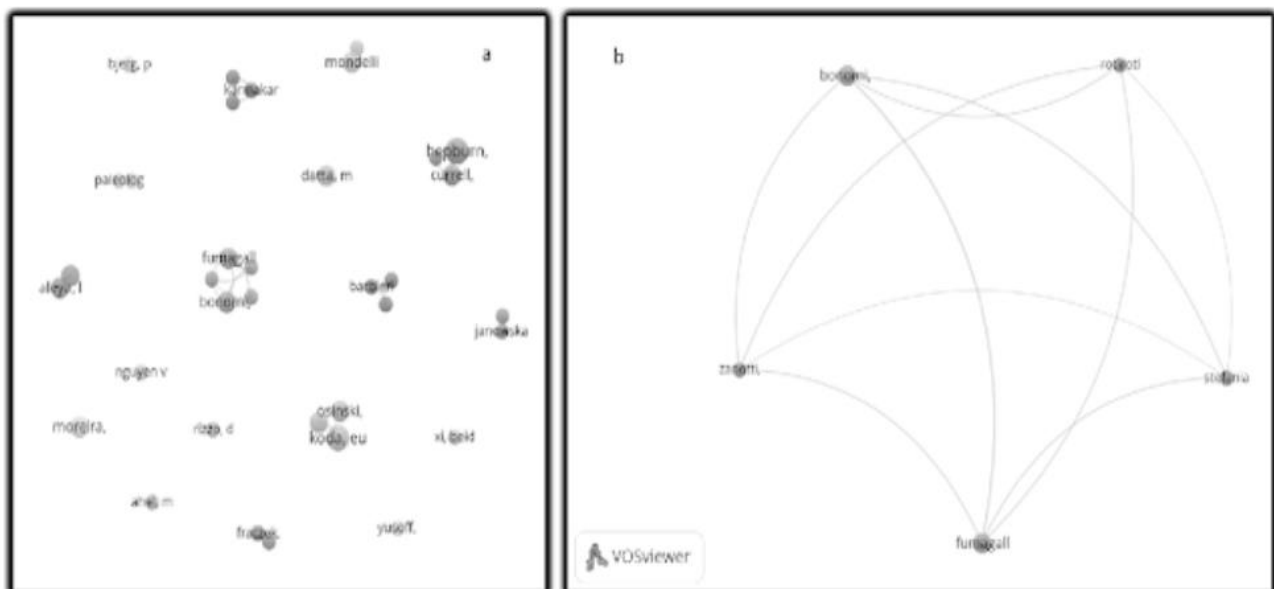


Figura 3a) Mapa de rede de coautorias entre autores dos artigos selecionados para o período de 1990-2020, elaborado no Vovviewer (Van Eck & Waltman, 2010). Existe um grande número de redes de pesquisa bem estruturada nessa temática, mas, a rede mais estruturada está ressaltada na Figura 3b) A rede de coautoria mais estruturada quando utilizada a força da ligação entre os autores com no mínimo de 03 artigos e 01 citação sobre o tema objeto desta RSL.

Para esse mesmo período foi elaborado o mapa de cocitação (Figura 4) para identificar os

autores e/ou artigos relevantes na temática a partir dos documentos selecionados. A unidade de

análise considerada foi a cocitação quando um artigo cita dois artigos em comum. Os parâmetros utilizados foram de, no mínimo, 08 cocitações sobre a referência e o peso das relações sendo

calculado para o número dessas cocitações (Quadro 03). De forma a não filtrar artigos que possam ser referências de citações, o período utilizado não computou o ano inicial, somente o final, 2020.

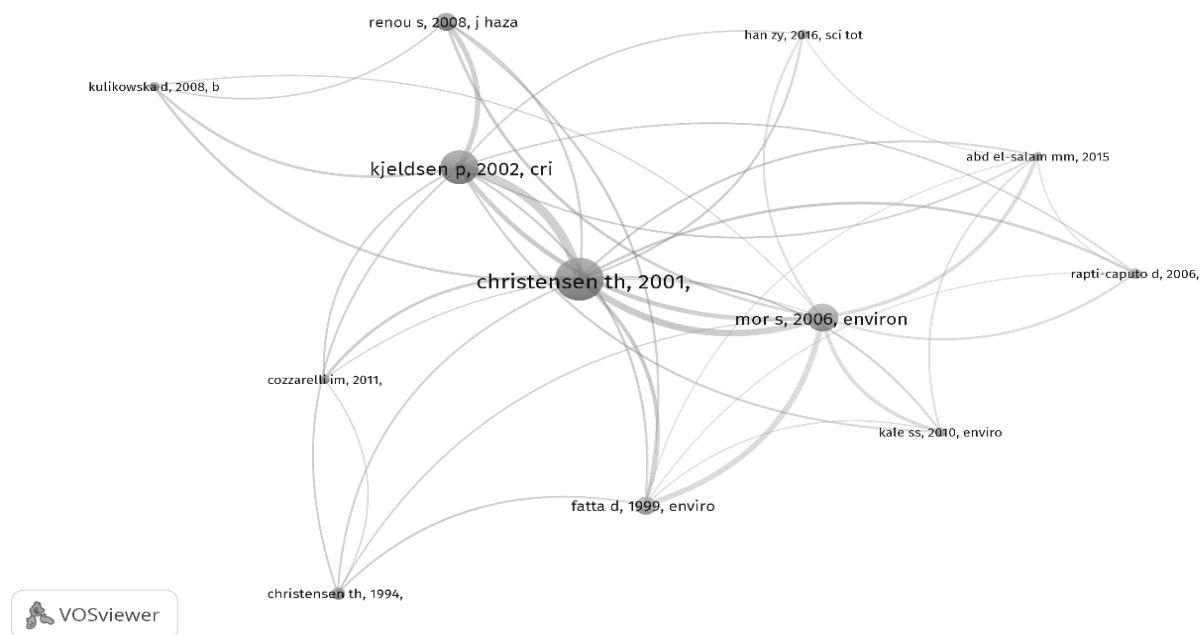


Figura 4 – Mapa de intensidade de cocitação de artigos período de 1990-2021 (Fonte: Web of Science). Os trabalhos com maior força total de ligações estão representados por círculos maiores. Obs.: Essa análise só considera o primeiro autor de cada citação. Essa é uma limitação dos dados exportados a partir do Web of Science.

Quadro 3 – Referência das publicações com no mínimo 20 citações no período de 1990-2021.

REFERÊNCIA	CITAÇÕES	FORÇA TOTAL DE LIGAÇÃO
Christensen, 2001	95	164
Mor, 2006	63	150
Kjeldsen et al., 2002	76	147
Fatta, 1999	40	93
Renou, et al., 2008	41	76
Kale et al., 2008	21	62
Abd El-salam, 2015	20	61
Cozzarelli, 2011	20	50
Rapti-caputo, 2006	24	50
Han Zy, 2016	23	48
Kulikowska, 2008	21	46
Christensen, 1994	28	43

Fonte: Web of Science

Dos 12 artigos mais cocitados (Quadro 03), observa-se que 05 (Christensen et al., 2001, Kjeldsen et al., 2002, Renou, et al., 2008, Kulikowska, 2008, Han zy, 2016); são associados a pesquisas sobre revisões específicas a respeito dos processos biogeoquímicos, variação composicional do lixiviado, tratamento de lixiviado, relação da idade do aterro com composição do lixiviado e avaliação de índices de contaminação, respectivamente. Outros 02 artigos

(Kale et al., 2010, Cozzarelli, 2011) foram somados aos 54 artigos que atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos no protocolo, totalizando assim 56 artigos. Os demais artigos restantes já constavam nos artigos selecionados nas bases de dados.

As principais informações extraídas nos artigos e nas fichas sínteses foram sintetizadas na Tabela 1. Os itens que estão apresentados nessa tabela foram selecionados observando-se a Questão Principal desta RSL. Implicitamente, esses itens relacionam-se a aspectos diretos da área de estudo (precipitação média anual, tipo de solo/rocha local, tipo de aquífero, área do aterro), a aspectos diretos da RSL (parâmetros físico-químicos medidos *in situ*, íons e outros elementos químicos analisados em laboratório), aspectos diretos à inovação (parâmetros físico-químicos não usuais e outras técnicas multidisciplinares complementares).

Quase a totalidade das pesquisas não apresenta dados claros sobre o tipo de depósito de resíduos sólidos (aterro ou lixão) e, por isso, esse item foi retirado da tabela. Um grande número de pesquisas não apresenta dados relativos à precipitação média anual e tamanho da área do aterro. Os parâmetros físicos Condutividade

Elétrica e pH foram utilizados em 97% e 99% das pesquisas, respectivamente. A constatação de que não foram todas as pesquisas a usar esses parâmetros mesmo tendo como objetivo, detectar contaminação por lixiviados, já é um resultado importante dessa revisão. Os parâmetros químicos Oxigênio Dissolvido, íons maiores, metais pesados, compostos nitrogenados foram utilizados em 24%, 80%, 76% e 60%, respectivamente, das pesquisas. A razão DBO/DQO é um parâmetro

com baixa utilização nas pesquisas sobre delimitação e monitoramento dessas áreas contaminadas por lixiviado onde somente 48% fizeram uso deste importante parâmetro. O caráter inovador com a inserção de novos parâmetros e/ou o uso de técnicas multidisciplinares nessas pesquisas não está evidenciado, uma vez que 48% e 24% utilizaram algum parâmetro não usual (isótopos estáveis) ou técnicas complementares (geofísica), respectivamente.

Tabela 1 – Síntese dos principais aspectos e parâmetros extraídos nas pesquisas de monitoramento de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos por resíduos sólidos urbanos nesta RSL. NI= Não Informado; (-) = não utilizado; PMA= Precipitação Média Anual. CE= Condutividade Elétrica; OD= Oxigênio Dissolvido; IA= Íons Analizados; CN= Compostos Nitrogenados (NH₃-N, NO₂⁻, NO₃⁻); DBO/DQO= Razão Demanda Bioquímica de Oxigênio em relação a Demanda Química de Oxigênio; M= Metais Pesados; PC= Parâmetros Físico-Químicos Complementares; TC= Técnicas de investigação complementares e/ou inovadoras; EF= Eletroscopia de Florência; ME-EE= Microscopia e Escaneamento Eletrônico; ER= Tomografia Elétrica.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PMA (MM)	MATERIAL DA BASE	AQUÍFERO	ÁREA (HA)	CE	PH	OD	IA	CN	DBO/DQO	M	PC	TC	PRINCIPAIS RESULTADOS
Zhai et al., 2019	Analisar colóides e metais pesados para verificar a contaminação.	N.I.	argila siltosa a cascalho arenoso	N.I.	N.I.	sim	sim	sim	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e Cl ⁻	-	-	Fe total, Mn, As, Hg, Cr, e Cd	-	-	Compreensão da migração de contaminação com colóides.
Nevondo et al., 2019	Determinar a concentração total de mercúrio.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	-	sim	-	-	-	-	Hg	-	-	Identificou as concentrações de mercúrio total com influência de inverno e verão.
Jiang et al., 2019	Investigar a hidroquímica de matéria orgânica dissolvida.	N.I.	Solo silto argiloso	Poroso -Livre	137.0	sim	sim	-	Cl ⁻	sim	-	-	COD	EF	A infiltração de lixiviado resulta em diferenças nas características de matéria orgânica nas águas subterrâneas.
Chidichimo et al., 2019	Estatística e testes de laboratório para distinguir diferentes fontes.	semi-árido	Cascalho e areia	Fraturado-Livre	15.0	-	sim	-	-	-	-	Al, Fe e Mn	-	ME-EE	A metodologia é um instrumento para distinguir a contaminação.
Alemayehu et al., 2019	Investigar o impacto do lixiviado na qualidade das águas subterrâneas.	N.I.	Folhelho intercalado com Calcário	Fraturado-Livre	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	sim	-	-	-	O impacto do lixiviado é maior na estação chuvosa.
Negi et al., 2018	Avaliar o efeito de 03 aterros em uma mesma região.	semi-árido	N.I.	N.I.	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Cr (IV, VI), Cu, Pb, Fe e Zn	-	-	Os níveis elevados de nitrogênio amoniacal e cloreto foram observados.

Stefania et al., 2018	Apresentar uma metodologia para calcular os níveis limites de proteção.	N.I.	Areia e Cascalho	Poroso -Livre	55.0	sim	sim	-	-	sim	sim	Cr (IV, VI), Cu, Pb, Fe e Zn	-	-	O agrupamento de dados hidroquímicos é uma ferramenta fundamental.
Boateng et al., 2018	Avaliar o impacto do lixiviado na qualidade da água subterrânea.	165	N.I.	N.I.	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ e Cl ⁻	sim	sim	-	Indicadores microbiológicos	Análise multivariada	Concentrações de parâmetros físico-químicos acima dos limites e indicadores bacteriológicos indicam contaminação por lixiviado.
Ahmed et al., 2018	Projetar uma ferramenta para determinar a vazão segura de extração de água subterrânea.	N.I.	N.I.	N.I.	151.0	-	sim	-	-	-	-	As, Ba, Cr, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se e Zn	-	-	Mostrou que os metais têm um alto teor no lixiviado e podem ser traçadores.
Abd El-Salam, 2015	Avaliar os impactos ambientais por lixiviado em aterro.	N.I.	N.I.	N.I.	75.0	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Cr, Cu, Pb, Ni, e Zn	Orgânicos	-	Resultados confirmaram contaminação de orgânicos, sais e metais pesados.
Atta et al., 2015	Avaliar o impacto do lixiviado na qualidade da água subterrânea.	2300	Areia sobre calcário fraturado	Fraturado-Livre	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Ag, As, Cd, Cu, Cr ₃ , Cr ₆ , Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, Mn, B, Se, Sn e Ba	Orgânicos	-	Considerável impacto devido a altas concentrações de contaminantes

Barella et al., 2013	Evolução da degradação natural da fração orgânica.	N.I.	Argilosos a areno-argilosos	Livre e fraturado	144.9	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	-	sim	Fe, Mn, Ba, Ni, Cd, Cu, Zn, Pb e Cr	Eh	-	A degradação do contaminante altera as condições redox.
Nagarajan et al., 2012	Avaliar a contaminação em 03 lixões.	700.0	N.I.	N.I.	N.I.	sim	sim	sim	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Fe e Zn	-	-	A presença de Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ e NH ₄ ⁺ pode ser usada como marcador.
Reyes-López et al., 2008	Identificar a contaminação com métodos tradicionais e estudos geofísicos.	60.0	areias e areias argilosas.	Poroso -Livre	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	-	sim	-	-	Geofísica	A extensão do contaminante foi delimitada pela geofísica e hidroquímica.
Kale et al., 2008	Proposição do Índice de Poluição por Lixiviado com 28 parâmetros.	550	basalto fraturado e vesicular	Fraturado-Livre	9.6	sim	sim	-	Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , F ⁻ , K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ag, Cd, Pb, e U	COT, Dureza	-	O fluxo lateral e vertical da água são lentos e restringe a migração de contaminantes da fonte aos receptores. Mas os poluentes mantêm um nível constante de contaminação.
Longe & Enekwechi, 2007	Avaliar a influência local na atenuação da contaminação.	1526.0	Cobertura laterítica	Aquífero mais raso: Poroso -Livre	42.0	sim	sim	-	PO ₄ , K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	-	Fe, Mn, Cu, Zn, Pb e Cr	-	-	A natureza ácida das águas subterrâneas pode não ser atribuída exclusivamente à contaminação por lixiviado.

Rapti-Caputo & Vaccaro, 2006	Avaliar os riscos ambientais associados ao lixiviado.	N.I.	argila siltosa e areia	Livre e confinado	N.I.	sim	sim	-	K, Mg, Ca, NH ₄ , Cl, SO ₄ , Na	sim	-	Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ag, Cd, Pb, e U	-	-	Existe influência do aterro na contaminação do subsolo e recursos hídricos.
North et al., 2006	Verificar o uso de isótopos estáveis de carbono inorgânico dissolvido (DIC) e hidrogênio.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	-	sim	-	-	-	-	-	d13C-DIC, dD-H ₂ O	Razão isotópica de C e H	O lixiviado é isotopicamente distinto das águas subterrâneas tanto para dD-H ₂ O quanto para d13C-DIC.
Mor et al., 2005	Avaliar o impacto do lixiviado na qualidade da água.	714.6	N.I.	Poroso -Livre	N.I.	sim	sim	-	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	sim	Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn	-	-	Cl ⁻ , NO ⁻ - 3, NH ⁺ + 4, Fenol e DQO podem ser marcadores do lixiviado.
Heaton et al., 2004	Avaliação da contaminação com isótopos estáveis de C, N e S.	N.I.	Calcáreo	Fraturado	7.2	-	sim	sim	Cl ⁻	sim	-	-	Eh, 13C/12C15N/14N e 34S/32S	-	O uso dos novos parâmetros auxiliou na caracterização da evolução da contaminação.
Cozzarelli et al., 2000	Uso combinado de geoquímica e microbiologia	N.I.	Areia	Poroso -Livre	N.I.	-	sim	sim	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	sim	-	Fe	Carbono Orgânico	Indicadores microbiológicos	Altas concentrações de ferro solúvel reduzido foram detectados em todo o aquífero e indicadores microbiológicos são muito úteis.
Fatta et al., 1999	Caracterizar o lixiviado e avaliar a qualidade da água subterrânea	semi-árido	Rochas calcáreas	Fissuro-Cárstico	173	sim	sim	sim	sim	sim	sim	Fe, Cd, Pb, Ni, Cu, Zi e Cr	STD, dureza		A composição do lixiviado mostrou uma variação significativa nos parâmetros.

Jensen et al., 1999	Avaliar o uso de metais pesados como delimitadores da contaminação.	N.I.	N.I.	Poroso -Livre	N.I.	sim	sim	N.I.	K ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ e SO ₄ ²⁻ e Cl ⁻	-	-	Fe, Cd, Pb, Ni, Cu, Zi e Cr	Carbono orgânico total		Os metais pesados estão fortemente associados com matéria coloidal.
Christensen et al., 1998	Avaliar a contaminação com carbono orgânico dissolvido (COD).	N.I.	N.I.	Poroso -Livre	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	Ácido fúlvico, e hidrofílico	-	A fração hidrofílica tem pouco valor prático nestas investigações.

Discussão

A utilização de ferramentas de metanálise como, por exemplo, o mapa de coautoria (Figura 3a) permite evidenciar a diversidade e quantidade elevada de núcleos de pesquisas sobre essa temática de contaminação por lixiviados de resíduos sólidos dos recursos hídricos subterrâneos. A análise dos dados referentes do núcleo de pesquisa considerado o mais estruturado (Figura 3b) evidencia um grupo que mantém uma alta produtividade, mas com baixo engajamento com outros núcleos. Nesse contexto, vemos que outros grupos potencialmente, até aparecem com um número maior de publicações e citações, mas quando utilizamos a coautoria como unidade de análise, estes perdem força de ligação e, assim, deixam de ser considerados mais estruturados do que outros grupos. Assim, considera-se que as oportunidades para estabelecimento de parcerias com outros grupos de pesquisadores de referência, está em construção, mesmo com o número elevado de pesquisas sobre o tema.

A identificação das publicações de referência sobre o tema em questão foi complementada com o auxílio robusto do uso da ferramenta do mapa de cocitação (Figura 4) que rapidamente nos apresenta as referências a partir da maior citação pelos pesquisadores que mais publicam e mais são citados. Já com o mapa de acoplamento bibliográfico (não apresentado aqui), a partir da análise das citações das publicações dos últimos três anos, pode-se identificar as linhas de pesquisas a permanecerem fortalecidas e/ou com tendência inovadora nos próximos anos. Como tendência de novas linhas de pesquisas, considera-se que o uso de isótopos estáveis de carbono, de enxofre e elementos terras raras tenham maior crescimento. Além de pesquisas que contemplem a remediação das áreas contaminadas com técnicas integradas a pesquisas relacionadas à geração de energia elétrica com a utilização de resíduos sólidos depositados em aterros e/ou lixões desativados.

Com relação aos parâmetros físico-químicos, percebe-se que pouco avanço tem sido implantado nas pesquisas relacionadas ao tema. O uso da condutividade elétrica e pH destacam-se pelo fácil uso e interpretação, mas não sendo o bastante para uma análise mais eficaz e completa. Outros parâmetros que são utilizados com frequências variadas, apesar dos objetivos de as pesquisas serem quase idênticos, e que reforçam a detecção direta e indireta da contaminação são os íons maiores, compostos nitrogenados e metais pesados. Todos esses parâmetros com uso bem

variado onde algumas pesquisas utilizam diversos compostos com predominância de potássio mais, cálcio dois mais, íon bicarbonato, sulfato e cloreto.

A presença de parâmetros físico químicos em estudo sobre contaminação é imprescindível, pois, é a partir dos resultados obtidos que se pode realizar uma análise mais profunda da contaminação presente, como exemplo, o oxigênio dissolvido nos possibilita entender se a água é mais ou menos oxigenada e dependendo do resultado a proliferação de bactérias que fazem mal a vida aquática e humana que se abastece, o potencial hidrogeniônico por exemplo, afeta diretamente a alteração dos efeitos de substâncias químicas que são tóxicas, tais como os metais pesados, muitos inclusive, encontrados nas pesquisas analisadas: mercúrio, chumbo, cádmio, cromo e etc, que influencia na pluma de contaminação do lençol freático das pesquisas. O impacto do lixiviado nos recursos hídricos parece ser maior na estação chuvosa, quando a dispersão do contaminante é acelerada pela máxima infiltração e escoamento superficial. Os elevados níveis totais de sólidos dissolvidos e nitrato provaram que a qualidade da água não é confiável para o abastecimento humano quando comparado aos valores máximos permissíveis encontrados nas legislações de cada país onde as pesquisas foram realizadas. Desta forma, é preciso que estudos como os analisados sejam realizados com uma determinada frequência, informando para a comunidade local e científica as adversidades de uma determinada área onde são ou foram depositados resíduos sólidos urbanos.

Conclusão

Este estudo fornece uma visão sobre a estrutura da literatura sobre contaminação por lixiviados de resíduos sólidos dos solos e dos recursos hídricos subterrâneos, analisando uma grande quantidade de literatura usando dados bibliométricos.

Esta abordagem pode ser muito útil para melhorar a compreensão de um tópico de pesquisa complexo, como a de contaminação dos solos e dos recursos por lixiviados. Este método de análise da literatura tem potencial para auxiliar na identificação de novas tendências de pesquisa realizadas por núcleos de pesquisadores nas principais instituições pelo mundo ou núcleos de pesquisadores trabalhando em rede de cooperação.

O uso da condutividade elétrica e pH continuam a ser os parâmetros comuns em praticamente todas as pesquisas, mas sempre em conjunto com outros parâmetros com combinação variada. Esses outros parâmetros reforçam a

detecção direta e indireta da contaminação são os íons maiores, compostos nitrogenados e metais pesados. Nas pesquisas foi encontrada uma predominância no uso dos íons: potássio mais, cálcio dois mais, íon bicarbonato, sulfato e cloreto, devido às suas características específicas relacionadas aos principais contaminantes depositados nas áreas que contém resíduos sólidos.

Como tendência de novas linhas de pesquisas, considera-se que o uso de isótopos estáveis de carbono, de enxofre e elementos terras raras tenham maior crescimento. Neste estudo de revisão sobre parâmetros físico-químicos nas pesquisas de contaminação em áreas de depósitos de resíduos sólidos, este método sugere que a integração de parâmetros tradicionais com novas técnicas e novos parâmetros recebe atenção relativamente limitada.

Apesar da aplicabilidade e dos resultados obtidos com essa técnica de Revisão Sistemática da Literatura terem sido muito satisfatórios, recomenda-se, uma leitura dos artigos de interesse para aprofundamento detalhado do conteúdo.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade e discernimento para realizar esse trabalho.

Meu orientador, Dr. Luciano Soares, por ter acreditado na minha capacidade e determinação.

Aos meus amigos, Leonardo, Nicolas, Gustavo, Ana Luiza, Ana Beatriz, Nicole Evelyn e Sophia pelo apoio e incentivo.

Minha família.

Ao departamento de Geografia e ao Instituto de Geociências juntamente ao Programa de Iniciação Científica (ProIC/PIBIC) da Universidade de Brasília.

Referências

Ahmed, A.T., Alluqmani, A.E., Shafiquzzaman, M., 2019. Impacts of landfill leachate on groundwater quality in desert climate regions. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16, 6753-6762.

Abd El-Salam M.M., Abu-Zuid G., 2015. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *J Adv Res.* 6, 579-86.

Alemayehu, T., Mebrahtu, G., Hadera, A., Bekele, D.N., 2019. Assessment of the impact of landfill leachate on groundwater and surrounding surface water: a case study from the city of Mekelle, northern Ethiopia. *Sustainable Management of Water Resources* 5, 1641-1649.

Alslaibi, T.M., Mogheir, Y.K., Afifi, S., 2010. Análise dos componentes do aterro na estimativa do lixiviado percolado para as águas subterrâneas usando o modelo HELP. *Water Science and Technology* 62, 1727-1734.

Amorello, D., Barreca, S., Gambacurta, S., Gulotta, M. G., Orecchio, S., Pace, A., 2016. Um método analítico para monitorar microtraços de lixiviados de aterros sanitários em águas subterrâneas usando espectroscopia de matriz de excitação-emissão de fluorescência. *Analytical Methods* 8, 3475-3480.

Atta, M., Yaacob, W.Z.W., Jaafar, O.B., 2015. The potential impact of leachate-contaminated groundwater from a former landfill site in Taman Beringin Kuala Lumpur, Malaysia. *Environmental Earth Sciences* 73, 3913-3923.

Banch, T.J., Hanafiah, M.M., Alkarkhi, A.F., Abu Amr, S. S., 2019. Planejamento fatorial e otimização do tratamento de lixiviados de aterros sanitários com coagulante natural à base de tanino. *Polímeros* 11, 1349.

Barella, C.F., Bacellar, L.D.A.P., Nalini, H.A., 2013. Influence of the natural oxidation of the organic fraction leached from a sanitary landfill on the quality of groundwater, Belo Horizonte: Minas Gerais, southeastern Brazil. *Environmental Earth Sciences* 70, 2283-2292.

Bichet, V., Grisey, E., Aleya, L., 2016. Caracterização espacial de pluma de lixiviado usando tomografia de resistividade elétrica em um aterro composto por células antigas e novas (Belfort, França). *Geologia de Engenharia* 211, 61-73.

Boateng, T.K., Opoku, F., Akoto, O., 2018. Quality of leachate from the Oti landfill and its effects on groundwater: a case history. *Environmental Earth Sciences* 77, 1-14.

Centre for Reviews and Dissemination, 2009. *Systematic Reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care.* [s.l: s.n.].

Chidichimo, F., De Biase, M., Straface, S., 2020. Assessment of groundwater pollution in landfill areas: is it just leachate?. *Waste Management* 102, 655-666.

Christensen, J.B., Jensen, D.L., Gron, C., Filip, Z., Christensen, T.H., 1998. Characterization of dissolved organic carbon in groundwater polluted by leachate from landfills. *Water research* 32, 125-135.

Daso, A.P., Nevondo, V., Okonkwo, O.J., Malehase, T., 2019. Percolation of leachate from landfills: a source of groundwater mercury contamination in South Africa. *Water SA* 45, 225-231.

- Far, E.O., Enekwechi, L.O., 2007. Investigation of the potential impacts of groundwater and the influence of local hydrogeology on the natural attenuation of leachate in a municipal landfill. *International Journal of Environmental Science & Technology* 4, 133-140.
- Fatta, D., Papadopoulos, A., Loizidou, M., 1999. A study of landfill leachate and its impact on groundwater quality in the large area. *Environmental Geochemistry and Health* 21, 175-190.
- Geravand, F., Momenpour, M., Horeh, M.D., Kamsari, S. A. H., 2017. Investigando os efeitos de metais pesados no lixiviado de resíduos na qualidade da água subterrânea perto do aterro (estudo de caso: Aterro sanitário de Saravan, Rasht). *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 9, 484-499.
- Gomersall J. S., Jadotte Y.T., Xue Y., Lockwood S., Riddle D., Preda A., 2015. Conducting systematic reviews of economic evaluations. *Int J Evid Based Healthc* 13, 170-8.
- Heaton, T.H.E., Trick, J.K., Williams, G.M., 2005. Evidence of isotopes and dissolved gases for nitrogen attenuation in landfill leachates dispersing in a chalk aquifer. *Applied Geochemistry* 20, 933-945.
- Jensen, D.L., Ledin, A., Christensen, T.H., 1999. Speciation of heavy metals in groundwater polluted by leachate. *Water Research* 33, 2642-2650.
- Jiang, Y., Li, R., Yang, Y., Yu, M., Xi, B., Li, M., Yang, C., 2019. Migration and evolution of dissolved organic matter in groundwater plume contaminated by landfill leachate. *Resources, Conservation and Recycling* 151, 104463.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M., Rooker, A., Baun, A., Ledin, A., Christensen, T., 2002. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology - CRIT REV ENVIRON SCI TECHNOL* 32, 297-336.
- Lopes, D. D., Silva, S. M. C. P., Fernandes, F., Teixeira, R. S., Celligoi, A., Dall'Antônia, L. H., 2012. Geophysical technique and groundwater monitoring to detect leachate contamination in the surrounding area of a landfill – Londrina (PR – Brazil), *Journal of Environmental Management* 113, 481-487.
- Mangimbulude, J.C., Goeltom, M.T., Van Breukelen, B. M., Van Straalen, N. M., Röling, W. F., 2016. Caracterização hidroquímica de um aquífero costeiro tropical afetado por lixiviado de aterro e intrusão de água do mar. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 13, 49-57.
- Mariano, A. M., Santos, M. R., 2017. Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora XXVI Congresso Internacional de la Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM), Reggio Calabria, 26.
- Mendes, K. D. S., Silveira, R. C. de C. P., & Galvão, C. M., 2008. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto - Enfermagem* 17, 758-764
- Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G., 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6, e1000097.
- Mor, S., Ravindra, K., Dahiya, R.P., Chandra, A., 2006. Characterization of leachate and assessment of groundwater pollution near the municipal solid waste landfill. *Environmental Monitoring and Assessment* 118, 435-456.
- Nagarajan, R., Thirumalaisamy, S., Lakshumanan, E., 2012. Impact of leachate on groundwater pollution due to undesigned municipal solid waste landfill from erode city, Tamil Nadu, India. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering* 9, 1-12.
- Negi, P., Mor, S., Ravindra, K., 2020. Impact of landfill leachate on groundwater quality in three cities in northern India and health risk assessment. *Environment, Development and Sustainability* 22, 1455-1474.
- North, J.C., Frew, R.D., Van Hale, R., 2006. Can stable isotopes be used to monitor the impact of leachate from landfills on surface water?. *Journal of Geochemical Exploration* 88, 49-53.
- Palma, L.D., Ferrantelli, P., Merli, C., Petrucci, E., 2002. Treatment of industrial landfill leachate by means of evaporation and reverse osmosis. *Waste Management* 22, 951-955.
- Petticrew, M., Roberts, H., 2006. *Systematic reviews in the social science: a practical guide*. Malden: Blackwell Publishing.
- Polit D.F., Beck C.T., 2006. Using research in evidence-based nursing practice. In: Polit DF, Beck CT, editors. *Essentials of nursing research. Methods, appraisal and utilization*. Philadelphia (USA): Lippincott Williams & Wilkins. p.457.
- Pujiindiyati, E. R., Satrio, S., Prasetyo, R., 2019. Principais íons para rastrear migração de lixiviados em águas subterrâneas rasas nas proximidades do aterro municipal em Bantar Gebang-Bekasi. *Jornal indonésio de Química* 19, 19-29.
- Rapti-Caputo, D., Vaccaro, C., 2006. *Geochemical*

- evidence of landfill leachate in groundwater. *Engineering Geology* 85, 111-121.
- Reyes-López, J.A., Ramírez-Hernández, J., Lázaro-Mancilla, O., Carreón-Díazconti, C., Garrido, M.M.L., 2008. Assessment of groundwater contamination by landfill leachate: A case in Mexico. *Waste Management* 28, S33-S39.
- Rodrigues, S.P., Van Eck, N.J., Waltman, L., Jansen, F.W., 2014. Mapping patient safety: a large-scale literature review using bibliometric visualization techniques. *Open BMJ* 4, e004468.
- StArt – LaPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software. Software State of the Art through Systematic Review. Versão 3.3 Beta 03 Ufscar.br.
- Stefania, G.A., Zanotti, C., Bonomi, T., Fumagalli, L., Rotiroti, M., 2018. Determination of trigger levels for groundwater quality in landfills located in areas historically impacted by man. *Waste Management* 75, 400-406.
- Sun, S., Hattermann, T., Pattyn, F., Nicholls, KW, Drews, R., Berger, S., 2019. Ondas de plataforma topográfica controlam o derretimento sazonal perto das linhas de aterramento da plataforma de gelo da Antártida. *Geophysical Research Letters* 46, 9824-9832.
- Szymański, K., Janowska, B., Iżewska, A., Sidelko, R., Siebielska, I., 2018. Method of evaluating the impact of landfill leachate on groundwater quality. *Environmental monitoring and assessment* 190, 1-8.
- Van Eck, N. J., Waltman, L., 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523–538.
- Vilomet, J.D., Angeletti, B., Moustier, S., Ambrosi, J.P., Wiesner, M., Bottero, J.Y., Chatelet-Snidaro, L., 2001. Aplicação de isótopos de estrôncio para rastrear plumas de lixiviados de aterros sanitários em águas subterrâneas. *Ciência e tecnologia ambiental* 35, 4675-4679.
- Vodyanitskii, Y.N., 2016. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states, *Annals of Agrarian Science* 14.
- Zhai, Y., Ma, T., Zhou, J., Li, X., Liu, D., Wang, Z., Du, Q., 2019. Impacts of landfill leachate on groundwater hydrochemistry and size distributions and heavy metal components of colloids: a case study in northeast China. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 5713-5723.