

IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

GROUNDWATER IMPACTS OF CIVIL CONSTRUCTION: A LITERATURE REVIEW

Geyse Resplandes da Luz 1
Brenda Victória Rodrigues 2

Resumo: As águas subterrâneas desempenham um papel crucial nos sistemas naturais e na economia global. Essas águas são fundamentais para garantir o fornecimento de água com qualidade, a irrigação de culturas, a preservação da vida selvagem local e para servir como um símbolo de beleza. O aquífero é um dos principais recursos naturais do nosso planeta e seu equilíbrio é frequentemente prejudicado pelos processos de poluição. Com o aumento da poluição das águas subterrâneas, torna-se imperativo implementar medidas eficazes para a sua proteção. Assim, o principal objetivo deste trabalho é analisar os impactos da construção civil nas águas subterrâneas por meio de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa. As considerações finais ressaltam a relevância da pesquisa, enfatizando a escassez de estudos na engenharia civil sobre a preservação ambiental e oferecendo um ponto de partida para futuras investigações sobre os efeitos da construção nas águas subterrâneas.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas. Construção Civil. Impactos.

Abstract: Groundwater plays a crucial role in natural systems and the global economy. It is essential for ensuring quality water supply, crop irrigation, local wildlife preservation, and serves as a symbol of beauty. The aquifer is one of the planet's primary natural resources, and its balance is often disrupted by pollution processes. With the increasing pollution of groundwater, it becomes imperative to implement effective measures for its protection. Thus, the main objective of this work is to analyze the impacts of civil construction on groundwater through a qualitative literature review. The final considerations underscore the relevance of research, emphasizing the scarcity of studies in civil engineering on environmental preservation and providing a starting point for future investigations into the effects of construction on groundwater.

Keywords: Groundwater. Civil Construction. Impacts.

1 - Graduanda em Engenharia Civil (pela CESUP) (E-mail: geyhrespl011@gmail.com)

2 - Docente especialista dos cursos de engenharia civil e arquitetura do Centro de Ensino Superior de Palmas (CESUP). Professora em regime horista pelo Instituto Tocantinense de Educação Superior e Pesquisa - Centro Universitário (UNITOP). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2629720005400959>. E-mail: brendavictoriamudo@gmail.com

Introdução

A água subterrânea é essencial para o equilíbrio dos ecossistemas, pois fornece recursos hídricos para o desenvolvimento da vida. Essa reserva aquífera é estratégica, pois sua qualidade não se altera facilmente e possibilita a manutenção de recursos hídricos limpos e viáveis para o homem, independentemente das condições meteorológicas, possuindo excelentes fontes para abastecimento das necessidades humanas (ANA, 2010).

Ao longo dos séculos, a água subterrânea tem contribuído para o crescimento de diversas cidades, pois realiza um controle climático, garantindo maior estabilização da umidade no solo. Além disso, a água subterrânea também ajuda a minimizar os eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais, fortes ventos e temperatura alta, pois atua como importante reguladora ambiental. No entanto, a utilização de forma desordenada de tais recursos em conjunto com a má ocupação do solo tem vindo comprometendo sua quantidade e qualidade (Foster *et al.*, 2006; Liggett; Talwar, 2009).

Nesse sentido, é importante compreender quais os impactos da construção civil nas águas subterrâneas no Brasil. Por meio de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, será feito um levantamento de estudos em diferentes cidades, reunindo esses dados e fazendo um comparativo. O principal objetivo desse estudo é analisar os impactos da construção civil nas águas subterrâneas. Os objetivos específicos consistem em: compreender como os contaminantes se comportam no subsolo e como podem ser removidos, identificar as políticas e regulamentações de proteção das águas subterrâneas na construção civil e discutir estudos científicos que evidenciam os impactos da construção civil nas águas subterrâneas no Brasil.

Diante desse cenário, é essencial analisar os avanços recentes nessa área, bem como os impactos causados pela atividade da engenharia civil e as possíveis soluções para minimizar esses impactos, será possível fornecer benefícios para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na gestão dos recursos hídricos.

Metodologia

A metodologia proposta para esta pesquisa consiste em uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa. Segundo Gil (2002), revisão bibliográfica é o processo que envolve a leitura, análise e interpretação de materiais impressos. Os passos principais da pesquisa incluíram a identificação e seleção de fontes relevantes de literatura científica, como artigos, livros, teses e relatórios técnicos que abordam os impactos da construção civil nas águas subterrâneas.

Inicialmente, foi realizada uma busca sistemática em bases de dados científicos, como *Scielo* e *Google Scholar*, utilizando as palavras-chave relacionadas ao tema da pesquisa: Resíduos na Construção Civil, Contaminação das Águas Subterrânea, Gestão das Águas Subterrâneas. Em seguida, foi feita a leitura e análise crítica do conteúdo dos artigos selecionados, com o objetivo de extrair informações pertinentes às principais causas negativas que a construção civil pode trazer para as águas subterrâneas.

Os autores Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady DG, Newman TB afirmam que os critérios de inclusão são aqueles que englobam traços demográficos, clínicos e geográficos dos participantes, enquanto os critérios de exclusão dizem respeito a características adicionais dos potenciais participantes que, mesmo atendendo aos critérios de inclusão, podem impactar negativamente o sucesso do estudo ou aumentar a probabilidade de resultados indesejados. Os critérios de inclusão envolveram a seleção criteriosa de estudos e artigos publicados após 2018 e realizados no contexto brasileiro. A pesquisa se concentra na análise específica do impacto da construção civil nas águas subterrâneas, buscando compreender e avaliar os estudos que abordam essa temática de forma direta e relevante para o cenário nacional. A seleção se baseia na atualidade das informações, na relação direta com o tema proposto e na origem geográfica

das pesquisas, assegurando uma abordagem atualizada e contextualizada dos impactos da construção civil no contexto das águas subterrâneas no Brasil. Os critérios para exclusão foram definidos pela não inclusão de pesquisas e artigos realizados antes de 2018, provenientes de estudos realizados no exterior e publicados em inglês.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, com base em técnicas de interpretação dos resultados obtidos a partir da revisão bibliográfica. Os resultados foram discutidos e interpretados levando em consideração os objetivos específicos da pesquisa, com o propósito de proporcionar uma compreensão aprofundada desses impactos nas águas subterrâneas causadas pela construção civil.

Fundamentação teórica

Hidrogeologia: compreendendo a importância da água subterrânea no ciclo hidrológico

Segundo Fetter (2001) a hidrogeologia estuda a ocorrência, a movimentação, e qualidade das águas subterrâneas, com ênfase nas relações entre as águas subterrâneas e as rochas e solos que as contêm e as transmitem, o que é de grande importância para fazer análises precisas de soluções tecnológicas para o controle da poluição. É fundamental considerar características como a permeabilidade dos solos, a profundidade do lençol freático, as zonas de recarga e descarga, entre outros fatores.

A água subterrânea é uma das características importantes do ambiente natural e faz parte do ciclo hidrológico, desempenhando um papel fundamental, pois compõe grande parte da água presente na Terra (Filho, 2008). Ela é acumulada e armazenada no subsolo em rochas porosas e permeáveis chamadas aquíferas, que podem cobrir vastas áreas. Seu processo se dá pelo transporte através da infiltração de precipitação e outras fontes, e é liberada naturalmente por meio de nascentes, córregos e rios subterrâneos.

Em meados do século XIX, o interesse pelas águas subterrâneas teve um aumento significativo na França, devido aos resultados de um experimento com a perfuração de poços tubulares para fazer o abastecimento d'água em comunidades. Estudos e experimentos como de Henry Darcy (1803-1858), Dupuit (1863), A. Thiem (1870), Forchheimer (1886) contribuíram para o desenvolvimento da hidrologia das águas subterrâneas no século XX, o qual teve diversos trabalhos como o de Meinzer (1923) que fez análises dos estudos já feitos no campo de princípios e metodologias de pesquisa e desenvolveu o primeiro manual para especialistas da área.

De acordo com Rebouças (2008), a água subterrânea tem uma grande importância para o consumo diário, essencialmente, por sua fácil captação no meio urbano, o que a torna relativamente mais viável. No Brasil, é fundamental para o abastecimento de água em regiões onde o clima é seco ou semiárido. A água subterrânea é mantida nos aquíferos sob o solo, e flui continuamente nas bacias hidrográficas, desempenhando um papel importante na regulação dos níveis de água dos rios. Durante períodos de seca, as águas subterrâneas permitem que os rios continuem a fluir, evitando que eles sequem completamente (Rebouças 2013).

No entanto, o aumento da exploração da água subterrânea tem gerado preocupações quanto à sua disponibilidade e escassez. É fundamental que sejam realizadas atividades de monitoramento dos recursos hídricos subterrâneos para garantir sua sustentabilidade a longo prazo (Ribeiro *et al.*, 2010). Além disso, o uso descontrolado da água subterrânea no Brasil, motivado pelo medo da escassez hídrica, tem causado impactos negativos nos sistemas naturais de fluxo subterrâneo e problemas de recalque diferencial do subsolo (Rebouças, 2008). Ao compreender como essas atividades podem ser prejudiciais e encontrar meios viáveis de evitar tais contaminações, é possível minimizar os impactos negativos da atividade humana e assegurar a proteção a longo prazo desse recurso hídrico subterrâneo.

Uso sustentável dos recursos hídricos no Brasil

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) avaliou as reservas subterrâneas do país em 2019 e estimou que a disponibilidade é de 14.650 m³/s. Este número é consideravelmente menor do que a disponibilidade de água superficial, que é de 91.300 m³/s. Isso indica que, em comparação com a água superficial, a água subterrânea é uma fonte muito menor de água no Brasil.

O Nordeste é a região que mais sofre com a escassez de água. A situação é particularmente desafiadora para os mais de 8 milhões de habitantes da região semiárida. Estudos que foram realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) revelam que as chances de os agricultores colherem boas safras são apenas três anos em dez na região.

Segundo Freitas (1999) para preservar os recursos hídricos e garantir o acesso à água, o Brasil precisa implementar uma gestão eficiente que busque equilibrar a distribuição da água entre as diferentes regiões e ao longo do tempo. Para estabelecer marcos regulatórios adequados e determinar a capacidade de suporte de cada bacia, é fundamental compreender as necessidades dos diferentes usuários da água e a capacidade de oferta e renovação das fontes naturais de água.

É preciso racionalizar o uso dos recursos hídricos, o que envolve a adoção de medidas que visem a redução do consumo de água, a reutilização e a reciclagem. A redução do consumo pode ser alcançada por meio de simples medidas de economia de água, como a eliminação de vazamentos e a diminuição do gasto em atividades domésticas, industriais e agrícolas. A reutilização se refere ao uso de água já utilizada para determinada função, mesmo que sua qualidade tenha sido afetada, enquanto a reciclagem é o processo de reaproveitamento de água que já passou pela rede de esgoto e por uma estação de tratamento (Silva, 2012). Implementar essas medidas é importante para garantir o desenvolvimento sustentável e a garantia do bem-estar das comunidades.

Contaminação das águas subterrâneas

A contaminação das águas subterrâneas é um problema ambiental sério que afeta a qualidade da água subterrânea e pode ter consequências graves para o meio ambiente e para a saúde humana. As águas subterrâneas são frequentemente contaminadas por fontes como vazamentos de petróleo, esgotos não tratados, resíduos químicos e agrotóxicos, entre outros. A seguir o conceito de contaminação e poluição de acordo com Filho (2008, p. 20):

- Água subterrânea – é uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos em proporções diversas, provenientes do ar (durante o processo de condensação e precipitação), dos solos e das rochas (nas quais circula ou é armazenada) e do contato com as atividades humanas.
- Poluir (do latim *polluere* = sujar) – a poluição pode ser definida como uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites ou padrões preestabelecidos para determinado fim. Por exemplo, o aumento da temperatura de uma água, além dos limites tolerados por uma determinada espécie de peixes, representa uma poluição da água para a finalidade a que se destina.
- Poluente – é toda e qualquer substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem-estar (questões econômicas), traz prejuízo para a vida aquática, altera as características de águas receptoras para determinados fins ou modifica normas de qualidade preestabelecidas.
- Água poluída – o conceito de água poluída depende do ponto de vista do qual se encara o problema, ou seja, uma água pode ser considerada poluída para um determinado fim e não para outro.

Assim, as águas subterrâneas podem ser contaminadas por uma variedade de fontes, incluindo: vazamentos de petróleo e outros produtos químicos tóxicos, esgotos não tratados, resíduos químicos e agrotóxicos, atividades industriais, águas pluviais contaminadas, lixo e

resíduos, infiltração, percolação, injeção direta e vazamentos de condutos (Filho, 2008).

Dessa forma, as águas subterrâneas estão sujeitas a diversas fontes de contaminação, representando um desafio significativo para a sua preservação. Além disso, é fundamental promover a conscientização e a educação sobre a importância da preservação das águas subterrâneas entre os profissionais da engenharia civil, os gestores públicos, os usuários de água e a população em geral. A disseminação de informações sobre as fontes de contaminação e as estratégias tecnológicas disponíveis para a sua preservação é essencial para estimular a adoção de boas práticas e o engajamento de todos os envolvidos (Filho, 2008).

Panorama das águas subterrâneas no Brasil

As águas subterrâneas desempenham um papel crucial no contexto hídrico do Brasil, representando uma importante fonte de abastecimento para diversas regiões do país. O Brasil possui extensas reservas de águas subterrâneas, armazenadas em aquíferos que se distribuem por todo o território nacional. Essa riqueza hídrica subterrânea desempenha um papel vital no atendimento das demandas para o consumo humano, agrícola e industrial.

Os aquíferos mais notáveis incluem o Guarani, o Bambuí, o Urucuia e o Alter do Chão, cada um com características geológicas específicas que influenciam a disponibilidade e qualidade das águas subterrâneas. O Aquífero Guarani, por exemplo, é um dos maiores do mundo e abrange parte do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, fornecendo água para inúmeras comunidades. O aumento do uso das águas subterrâneas foi impulsionado por fatores cruciais, tais como a crescente disponibilidade de energia elétrica e a contaminação das fontes hídricas de superfície, conforme observado por Leal (1999).

A qualidade das águas subterrâneas é impactada por diversas fontes de contaminação, incluindo atividades industriais, agrícolas e urbanas. A presença de poluentes como nitratos, pesticidas, metais pesados e substâncias químicas orgânicas emerge como um desafio significativo. A contaminação muitas vezes está relacionada ao uso inadequado de agrotóxicos, disposição inadequada de resíduos e descarga de efluentes industriais (Zoby; Matos, 2002).

Em determinadas áreas, a exploração excessiva de aquíferos tem resultado na diminuição dos níveis freáticos, ocasionando desafios significativos relacionados à escassez hídrica. A utilização não sustentável dessas reservas subterrâneas pode comprometer a capacidade natural de recarga, representando uma ameaça iminente para a futura disponibilidade de águas subterrâneas (Wu *et al.*, 2020). O equilíbrio delicado entre a demanda crescente por água e a capacidade limitada de regeneração desses aquíferos ressalta a necessidade premente de práticas de gestão sustentáveis e medidas eficazes para preservar esses recursos essenciais.

Em suma, o cenário da qualidade das águas subterrâneas no Brasil é caracterizado por desafios significativos, mas também pela disponibilidade de recursos consideráveis. Uma abordagem integrada, que envolva monitoramento rigoroso, regulamentação eficiente e práticas sustentáveis em setores-chave, é essencial para preservar e proteger esse recurso vital para as futuras gerações.

Resíduos da construção civil

Os resíduos da construção civil, também denominados entulhos, compreendem uma categoria abrangente de materiais gerados em diferentes fases do ciclo de vida de uma edificação. De acordo com a Resolução CONAMA 307/2002, esses resíduos englobam desde os provenientes das etapas de construção, reforma e demolição até aqueles resultantes da preparação e escavação de terrenos. A NBR 10.004/04 específica conforme abaixo:

- Resíduos Classe A: São resíduos recicláveis, como concreto, tijolos, blocos recicláveis, cerâmicas, telhas, argamassa, entre outros.
- Resíduos Classe B: Englobam materiais passíveis de reciclagem, mas que

apresentam dificuldades técnicas ou econômicas para sua recuperação. Exemplos incluem plásticos, metais, papéis, madeiras e gesso.

- Resíduos Classe C: Compreende materiais que não apresentam opções técnicas ou econômicas para reciclagem. Inclui tintas, solventes, amianto, materiais isolantes, entre outros.
- Resíduos Classe D: Compreende latas, remanescentes de aditivos desmoldantes, tintas e excedentes de materiais de pintura, ferramentas, bem como embalagens contaminadas por resíduos perigosos.

A gestão adequada desses resíduos é crucial não apenas devido à sua quantidade considerável, mas também pelos impactos ambientais associados ao descarte inadequado. Conforme apontado por Lopes (2007), na esfera dos resíduos, a gestão e o gerenciamento são frequentemente confundidos e erroneamente empregados como termos intercambiáveis.

Segundo Leite (1997), a gestão de resíduos sólidos pode ser definida como o conjunto de atividades relacionadas à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para esse propósito, abrangendo instituições, políticas, instrumentos e meios. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por sua vez, conceitua o gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações desempenhadas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, incluindo a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme estabelecido no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou no plano de gerenciamento de resíduos sólidos (Brasil, 2010a, p. 1).

Promover a sustentabilidade na construção civil não se limita apenas à redução da quantidade de resíduos, mas também à adoção de práticas construtivas mais eficientes e ao incentivo à economia circular, onde os materiais são reutilizados e reciclados de maneira contínua. Dessa forma, os resíduos da construção civil não são apenas encarados como problemas, mas sim como recursos valiosos que podem ser integrados em um ciclo produtivo mais sustentável.

Políticas de proteção das águas subterrâneas na construção civil

As políticas de proteção das águas subterrâneas na construção civil visam mitigar os impactos negativos que as atividades construtivas podem ter sobre os recursos hídricos subterrâneos. As águas subterrâneas desempenham um papel crucial no abastecimento de poços e nas fontes de água potável em muitas regiões. Para preservar a qualidade das águas subterrâneas durante o processo construtivo são implementadas diversas medidas. Isso inclui a adoção de práticas de gerenciamento de água, como a instalação de sistemas de drenagem apropriados para evitar a contaminação por produtos químicos utilizados na construção, como cimento, aditivos e outros materiais.

A Agência Nacional de Águas (ANA) enfatiza que a administração dos recursos hídricos deve ser construída por meio de uma política capaz de estabelecer as diretrizes gerais. Isso envolve a implementação de um modelo de gerenciamento que defina a organização legal e institucional, além de um sistema de gestão que integre os instrumentos necessários para o planejamento, controle e proteção das águas. Portanto, ao seguir essa abordagem, a gestão dos recursos hídricos será eficaz (ANA, 2001).

Em 2008, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) promulgou a Resolução nº 396/08, que trata da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas. Essa classificação oferece aos Comitês de Bacias Hidrográficas e Conselhos de Recursos Hídricos a oportunidade de enquadrar os corpos hídricos subterrâneos, estabelecendo metas para a manutenção e melhoria de sua qualidade. Para atingir tais metas, é fundamental realizar monitoramentos regionais da qualidade da água subterrânea,

com o intuito de determinar os valores de referência de qualidade. Além disso, a resolução incentiva a discussão sobre o zoneamento de uso e ocupação do solo como parte integrante desse processo. A Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece orientações para a integração das águas subterrâneas nos Planos de Recursos Hídricos. Esses planos devem abranger informações essenciais para a gestão integrada das águas subterrâneas, incluindo, no mínimo, para cada aquífero:

- I – A caracterização espacial;
- II – A inclusão das águas subterrâneas no balanço hídrico;
- III – A estimativa das recargas e descargas, tanto naturais quanto artificiais;
- IV – A avaliação das reservas permanentes exploráveis dos aquíferos;
- V – A caracterização física, química e biológica das águas dos aquíferos;
- VI – A implementação de medidas adequadas para o uso e proteção dos aquíferos.

A gestão da contaminação do solo e das águas subterrâneas constitui uma abordagem corretiva, empregada em resposta à identificação de uma área contaminada, com o propósito de remediar os meios impactados. Quando os critérios de intervenção estabelecidos para solo e água subterrânea são excedidos, a área é classificada como contaminada sob investigação, desencadeando a necessidade de conduzir procedimentos de investigação detalhada.

Resultados e discussão

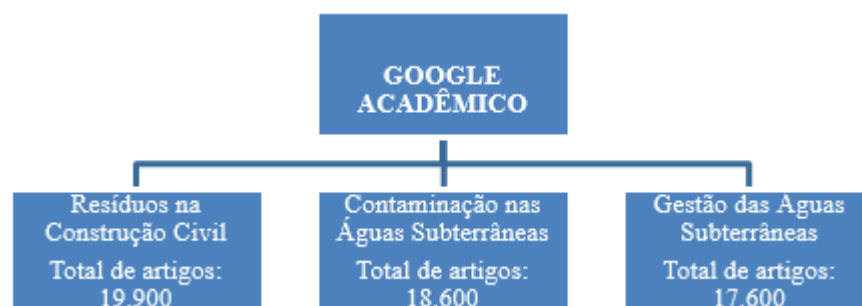
Nesta seção, serão apresentados os resultados da pesquisa relacionada aos “Impactos da construção civil nas águas subterrâneas”. Os resultados são divididos em duas partes: a primeira parte descreverá os resultados da busca na literatura, e a segunda parte destacará as principais contribuições de todos os artigos que foram selecionados.

Resultados da busca na literatura

Essa pesquisa explorou o impacto da construção civil nas águas subterrâneas através de uma revisão de artigos na literatura. Para obter uma visão abrangente, foram consultadas as bases de dados do Google Acadêmico e Scielo. Inicialmente, foram utilizados os descritores “Resíduos na Construção Civil”, “Contaminação nas Águas Subterrâneas” e “Gestão das Águas Subterrâneas”. Além disso, foram aplicados filtros, como estudos publicados a partir de 2018, em português, realizados no Brasil e diretamente relacionados ao tema da pesquisa. Nesta fase, 56.100 artigos foram identificados no Google Acadêmico e 72 no Scielo.

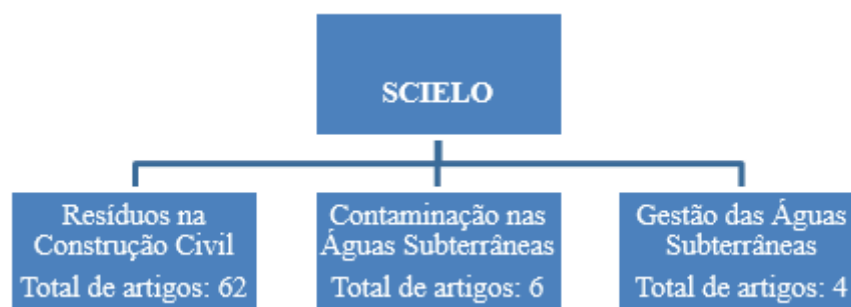
Para a seleção dos artigos, foram analisados títulos, resumos, objetivos e relevância dos resultados, resultando na exclusão de 56.166 artigos por falta de relação direta com o tema, duplicidade ou incompletude. Foram escolhidos os seis estudos mais relevantes para embasar esta pesquisa, sendo dois do Scielo e quatro do Google Acadêmico. Tais informações estão descritas nos fluxogramas a seguir:

Figura 1. Artigos encontrados por banco de dados: Google Acadêmico



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2. Artigos encontrados por banco de dados: Scielo



Fonte: Elaborado pela autora.

Artigos selecionados

Essa seleção foi feita seguindo critérios meticulosamente planejados, buscando assegurar a inclusão do artigo mais pertinentes e relevantes para o tema dos impactos da construção civil nas águas subterrâneas. A junção desses critérios de seleção assegurou a incorporação dos estudos mais apropriados, mantendo um nível de qualidade e relevância consistentes. Os seis artigos selecionados, como indicado na Tabela 1, formam uma base robusta para uma discussão detalhada sobre o tema da pesquisa.

Tabela 1. Artigos selecionados para análise

Autor e Ano	Título do Artigo	Objetivo	Tipo	Principal Contribuição
Haniel Abreu Dos Reis, Iago Costa Leal, Natalia Dias Meireles, Nery Christina Oliveira e Milton Gonçalves da Silva Junior	Reaproveitamento de água subterrânea em construção civil	Propor alternativas para o gerenciamento da água na construção civil, que realizam o rebaixamento do lençol freático.	Pesquisa bibliográfica e de campo	Propor alternativas para o gerenciamento da água na construção civil, que realizam o rebaixamento do lençol freático, com base em uma abordagem sistêmica e imparcial, utilizando dados levantados em pesquisas bibliográficas e de campo. Além disso, o trabalho destaca a importância da população e dos órgãos fiscalizadores desenvolverem maior responsabilidade e se integrarem mais profundamente no processo de gestão dos recursos hídricos subterrâneos

<p>I. Costa, E. C. Saldana e C. N. Monte, 2020</p>	<p>Sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica</p>	<p>Realizar a caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas e superficiais em áreas adjacentes ao arredo do Perema, na comunidade do Perema e nas comunidades ao seu entorno, na cidade de Santarém, observando a influência da sazonalidade nos parâmetros analisados e comparando os valores encontrados com os valores máximos permissíveis nas normas de qualidade de água</p>	<p>Pesquisa de campo</p>	<p>Contribuir para o entendimento da qualidade da água em áreas próximas a aterros sanitários na região Amazônica, permitindo a identificação de possíveis contaminantes e a adoção de medidas preventivas para garantir a segurança da população em relação ao consumo da água</p>
<p>Ailton Pires Leal, 2021</p>	<p>Resíduos da construção civil: uma revisão sobre as possibilidades de aplicação</p>	<p>Compreender o que a literatura aponta sobre as formas adequadas de realizar a reciclagem e a reutilização de resíduos na construção civil</p>	<p>Pesquisa qualitativa, com revisão de literatura</p>	<p>Contribui para a compressão dos impactos ambientais da geração de resíduos da construção civil, bem como para a identificação de possibilidades de reutilização desses resíduos</p>
<p>Ayane Maria Gonçalves da Silva e Márcio Sampaio Pimentel, 2019</p>	<p>Logística reversa na construção civil: um estudo de caso sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil e sua reintegração na cadeia de valor</p>	<p>Evidenciar o gerenciamento dos resíduos de construção civil (RCC) e sua reintegração na cadeia de valor</p>	<p>Pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa</p>	<p>Identificar o gerenciamento dos resíduos sólidos de construção realizados pela empresa Ciclo Ambiental, desde seu recolhimento, separação e seleção, até a reintegração dos mesmos na cadeia de valor</p>

<p>Elias N. de Aquino Iasbik, Érica P. Villalaz Oliveira e Roberto C. De Almeida Monte-Mor, 2023</p>	<p>Desafios na gestão das águas subterrâneas no município de Sete Lagoas – MG</p>	<p>Realizar um levantamento bibliográfico sobre os recursos hídricos subterrâneos do município de Sete Lagoas, no estado de Minas Gerais, apresentando os principais desafios e problemas enfrentados na gestão das águas subterrâneas</p>	<p>Pesquisa qualitativa</p>	<p>Apresentar uma análise dos principais desafios e problemas enfrentados na gestão dos recursos hídricos subterrâneos em Sete Lagoas, bem como propor soluções para melhorar a gestão desses recursos</p>
<p>Souza, Teixeira e Barbosa, 2020</p>	<p>Água Subterrânea: Um diagnóstico preliminar das legislações brasileiras vigentes</p>	<p>Inventariar e avaliar os desafios e avanços da legislação vigente em cada estado brasileiro e no Distrito Federal em relação à gestão das águas subterrâneas</p>	<p>Pesquisa bibliográfica</p>	<p>Apresentar um diagnóstico preliminar das legislações vigentes e dos desafios enfrentados em cada estado brasileiro e no Distrito tem relação à gestão das águas subterrâneas, além de destacar pontos de avanço em determinados estados, como o planejamento para efetuar o zoneamento de áreas de recarga, a necessidade de realização de estudos hidrogeológicos antes da implantação de atividades potencialmente poluidoras, entre outros.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Discussão dos resultados

Os estudos selecionados evidenciaram uma tendência comum que se tornou fundamental na compreensão dos impactos da construção civil nas águas subterrâneas. Essa tendência se refere à importância das águas subterrâneas tanto para o consumo humano quanto para a construção civil, como no desenvolvimento de projetos, especialmente para alicerces de edifícios, escavações e outras atividades que exigem acesso à água durante a construção. Além disso, é frequentemente utilizada para fins de refrigeração, limpeza e como parte integrante de muitos processos de construção. Essa abordagem foi destacada em três dos artigos selecionados, demonstrando sua relevância no contexto dos impactos nas águas subterrâneas.

O artigo *“Reaproveitamento de água subterrânea na construção”* aborda os efeitos prejudiciais da atividade da construção civil nas águas subterrâneas, que, ao interferir nelas, pode causar uma série de problemas ambientais e estruturais. O rebaixamento do lençol freático, resultado muitas vezes do bombeamento excessivo para facilitar a construção de edifícios, estradas ou outras infraestruturas, pode levar a uma redução drástica no nível da água subterrânea. Isso não apenas afeta diretamente os aquíferos, fontes vitais de água para uso humano e para a natureza, mas também compromete os ecossistemas dependentes dessas águas.

Além disso, o rebaixamento do lençol freático pode ter consequências diretas nas estruturas físicas, aumentando a instabilidade do solo e, conseqüentemente, o risco de desabamentos e colapsos em edifícios e outras construções próximas. Um aspecto muitas vezes subestimado é o uso não tratado da água subterrânea para fins domésticos. Quando a água não é devidamente tratada, há um risco significativo para a saúde humana devido à possível presença de substâncias contaminantes, como metais pesados, produtos químicos nocivos, bactérias e outros poluentes. Isso pode resultar em doenças e problemas de saúde graves para as populações que dependem dessas fontes de água sem tratamento adequado.

Outro ponto importante observado nos estudos são as estratégias na implementação de monitoramento das águas subterrâneas, como a detecção de anomalias em parâmetros físico-químicos, com a possibilidade de identificar valores que excedam os limites máximos permitidos pela lei para cada um dos parâmetros de qualidade de água, também usando a caracterização hidrogeoquímica para a identificação de possíveis fontes de contaminação e a adoção de medidas preventivas para garantir a qualidade da água e a segurança da população em relação ao consumo. Essas estratégias foram abordadas em alguns dos artigos selecionados, ressaltando a importância de desenvolver estratégias eficazes que possam ser utilizadas dentro do âmbito da construção civil e assim preservar a qualidade das águas subterrâneas.

Por exemplo, o estudo de Ailton Pires Leal (2021) enfatiza a importância de adotar práticas sustentáveis na construção civil, como a reciclagem e reutilização de resíduos, a utilização de materiais sustentáveis e a redução do consumo de recursos naturais. Isso contribui para a preservação do meio ambiente e para a promoção do desenvolvimento sustentável, que engloba a proteção do meio ambiente, o crescimento econômico e o bem-estar humano. Esse estudo também apresenta formas de reciclagem e reutilização dentro da construção civil.

Os autores Brasileiro e Matos (2015) mencionam algumas formas de reciclagem e reutilização de resíduos da construção civil. Eles afirmam que, após o processo de moagem, esses resíduos podem ser utilizados na contenção de encostas e pavimentação de calçamentos de concreto. Além disso, os resíduos podem ser empregados como agregados em concretos e argamassas, na fabricação de blocos e tijolos, na pavimentação de estradas e na produção de artefatos de cimento.

Uma tendência comum que se destaca nos artigos selecionados é a necessidade de promover práticas de construção sustentáveis e responsáveis. Como Souza, Teixeira e Barbosa (2020) abordam, a adoção de práticas sustentáveis na construção civil requer atitudes proativas e sensibilidade em relação à causa da geração de resíduos, efluentes e emissões, com o objetivo de não os gerar ou minimizar seus impactos no ambiente. Para isso, é importante que as empresas adotem políticas de gestão ambiental, que incluam ações como a redução do consumo de recursos naturais, a utilização de materiais sustentáveis, a reciclagem e reutilização de resíduos, a redução da geração de resíduos e a destinação adequada dos resíduos gerados.

Além disso, é fundamental que as empresas promovam a conscientização e a capacitação de seus colaboradores em relação às práticas sustentáveis e responsáveis na construção civil. A participação da sociedade também é importante, pois ela pode pressionar as empresas e os governos a adotarem práticas mais sustentáveis e responsáveis. Essa abordagem visa garantir que a área da construção civil se torne mais sustentável e que seu percentual anual de produção de resíduos sólidos diminua gradativamente. Esses objetivos foram destacados em dois dos estudos, demonstrando seu impacto na preservação das águas subterrâneas.

Considerações finais

Ao longo deste estudo, buscamos compreender como os contaminantes se comportam no subsolo e como podem ser removidos. Além disso, identificamos as políticas e regulamentações relacionadas à proteção das águas subterrâneas na construção civil, discutimos estudos científicos que evidenciam os impactos da construção civil nas águas subterrâneas no Brasil e exploramos os desafios na gestão dessas águas e como esse recurso

hídrico pode ser reaproveitado dentro da construção civil.

Os dados obtidos destacam a importância significativa da água subterrânea como recurso e apontam maneiras de utilizá-la de modo a reduzir sua contaminação e promover seu reaproveitamento na construção civil. A análise detalhada revelou a urgência de uma atenção ampliada para esse recurso, ressaltando a necessidade de uma gestão mais atenta e do comprometimento da população. A falta de monitoramento adequado pode ter um impacto profundo e prejudicial sobre as águas subterrâneas.

Ao confrontarmos nossos resultados com a literatura existente, observamos que alguns estudos enfatizam a gestão e estratégias de monitoramento das águas subterrâneas, destacando a importância da colaboração entre diferentes partes interessadas para conscientizar tanto a população quanto os gestores. Outros artigos mencionam medidas sustentáveis, como a reciclagem de resíduos e o uso de materiais ambientalmente amigáveis. Essa conexão com os estudos prévios reforça a relevância do nosso trabalho no contexto acadêmico.

É crucial reconhecer as limitações inerentes a este estudo, dado que a área é pouco explorada em nosso país, sugerindo assim áreas para futuras pesquisas e aprimoramento metodológico. Este trabalho contribui para a análise dos impactos da construção civil nas águas subterrâneas, fornecendo subsídios para medidas que podem ser adotadas com a finalidade de preservar esse recurso hídrico e permitir sua reutilização nas atividades dentro da construção civil. Essas contribuições têm o potencial de impactar positivamente a área da engenharia civil e ambiental, reunindo estudos relevantes para o tema abordado.

Em síntese, as considerações finais destacam a importância da pesquisa realizada e apontam como a área de proteção e conservação do meio ambiente ainda é pouco disseminada nos estudos da engenharia civil. Este trabalho não representa uma conclusão definitiva, mas sim um ponto de partida para novas investigações que possam ampliar ainda mais nosso entendimento sobre os impactos da construção civil nas águas subterrâneas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Verde Grande / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: < http://arquivos.ana.gov.br/servicos/planejamento/plano_de_recursos/20150902_PRH_Verde_Grande.pdf > Acesso em: 12/05/2020

BRASIL. (2010b) *Decreto nº 7.217*, de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF.

Costa, I.; Saldanha, E. C. & Monte, C. N. (2020). A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. *Revista Iberoamericana de Ciências Ambientais*, 11 (05), 371-382.

DA SILVA, Ayane Maria Gonçalves; PIMENTEL, Márcio Sampaio. Logística reversa na construção civil: um estudo de caso sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil e sua reintegração na cadeia de valor. *Refas-Revista Fatec Zona Sul*, v. 6, n. 2, p. 18-33, 2019.

DE SOUZA, Valéria Menezes; TEIXEIRA, Denilson; BARBOSA, Jéssica Gonçalves. Água subterrânea: Um diagnóstico preliminar das legislações brasileiras vigentes. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, p. 83-100, 2020.

DIAS, Claudio Luiz et al. A importância do monitoramento das águas subterrâneas na gestão dos recursos hídricos. *Águas Subterrâneas*, 2008.

DINIZ, Cíntia da Conceição Moura et al. Desafios na gestão das águas subterrâneas no

município de Sete Lagoas–MG. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, p. e3112440887-e3112440887, 2023.

DOS REIS, Haniel Abreu et al. Reaproveitamento de água subterrânea em construção civil. **Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia**, v. 7, n. 1, p. 74-79, 2018.

FETTER, C. W. 2001. Applied Hydrogeology. 2. ed. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 598

FILHO, João. **Ocorrência das águas subterrâneas**. FEITOSA, AC; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, v. 2, p. 13-33, 2008.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, FREITAS, Marco Aurélio Vasconcelos de & SANTOS, Afonso Henriques Moreira. Importância da Água e da Informação Hidrológica. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL e ANA, 1999.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. Atlas, São Paulo. 2002.

HULLEY, S. B., Cummings, S. R., Browner, W. S., Grady, D. G., & Newman, T. B. (2007). Designing Clinical Research. 3ª ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

LEAL, Ailton Pires. Resíduos da construção civil: uma revisão sobre as possibilidades de aplicação. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 6, p. 459-483, 2021.

LEITE, W.C.A., Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI – 5) como referência. São Carlos. Tese de D.Sc., Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

LOPES, J.C.J. Resíduos Sólidos Urbanos: consensos, conflitos e desafios na gestão institucional da Região Metropolitana de Curitiba - Tese de Doutorado. UFPR-Curitiba, 2007

REBOUÇAS, Aldo C. Importância da água subterrânea. Hidrogeologia. Tradução. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. ca 1.2. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/5206966d-7ca0-432b-8844-e7746c8b5aed/1778142.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

RIBEIRO, Maria Lúcia et al. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas**: avaliação preliminar. Química Nova, v. 30, p. 688-694, 2007.

SILVA, J. R., & Leão, R. A. (2018). Modelagem hidrogeológica de aquíferos cársticos para o gerenciamento de águas subterrâneas. **Revista DAE**, 66(216), 72-80.

ZOBY, J. L. G., & Matos, B. (2002). ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL E SUA INSERÇÃO NA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Águas Subterrâneas*, (1). Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22634>

Recebido em Dezembro de 2023.

Aceito em Março de 2024.