



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA – DQB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA BIOLÓGICA – PPQB

MÁRCIO ANDERSON SILVA HOLANDA

**USO DE BIOCARVÃO COMO ADSORVENTE DE AGROTÓXICOS: REVISÃO
SISTEMÁTICA E METANÁLISE**

CRATO

2022



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA BIOLÓGICA

MÁRCIO ANDERSON SILVA HOLANDA

**USO DE BIOCÁRVÃO COMO ADSORVENTE DE AGROTÓXICOS: REVISÃO
SISTEMÁTICA E METANÁLISE**

Relatório de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química Biológica, da Universidade Regional do Cariri, como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Química Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Pereira
Teixeira

Crato

2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA
URCA**

(anexar no verso na folha II, na versão final em capa dura - E-mail biblioteca@urca.br,)

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA**

Holanda, Márcio Anderson Silva

Uso de biocarvão como adsorvente de agrotóxicos: revisão sistemática e metanálise.

81 páginas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Cariri – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Departamento de Química Biológica.

1. Palavra-Chave Carvão ativado. Agrotóxico. Adsorção. Universidade Regional do Cariri – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Departamento de Química Biológica.

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações Eletrônicas

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação abaixo identificada, autorizo à Universidade Regional do Cariri – URCA, a disponibilizar por tempo indeterminado ao alcance do público a obra abaixo citada, através do site <http://bdt.d.ibict.br/bdt.d/>, bem como da rede mundial de computadores – Internet, sem pagamento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, conforme permissões assinaladas, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data, atendendo à Portaria Nº 13 de 15/02/2006 da CAPES.

Identificação do Material Bibliográfico:		<input checked="" type="checkbox"/> Dissertação	<input type="checkbox"/> Tese
Autor: Márcio Anderson Silva Holanda			
CPF: 039.399.813-46		RG: 2001034091997	
Nacionalidade: Brasileiro		Estado Civil: Solteiro	
Endereço Completo: Rua Desembargador Edimilson da Cruz Neves, 799			
CEP: 63119-185		Cidade: Crato	Estado: Ceará
Fone/Celular: (88) 997677532		E-mail: marcioholandace@gmail.com	
Título: Uso de biocarvão como adsorvente de agrotóxicos: revisão sistemática e metanálise			
Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Pereira Teixeira			
Membros da Banca: Dr. Alexandre Magno Rodrigues Teixeira			
Dra. Carla Bastos Vidal			
Data da Defesa: 19/01/2022		Curso: Programa de Pós-graduação em Química Biológica	
Área do Conhecimento: Química Ambiental			
Palavras-Chave: Carvão ativado. Pesticidas. Adsorção.			
3. Agência de Fomento: FUNCAP			
Informações de Acesso ao Documento: para publicação		<input checked="" type="checkbox"/> Acesso Total	<input type="checkbox"/> Acesso Parcial
Em caso de publicação parcial, especifique o(s) arquivo(s) e/ou capítulo(s) restrito(s):			

Crato, 19 de janeiro de 2022.

Havendo concordância com a publicação eletrônica enviamos o (s) arquivo (s) em formato digital PDF da tese ou dissertação gerada a partir da versão final corrigida e aprovada pelo Orientador. A restrição (parcial ou total) poderá ser mantida por até dois anos a partir da data de autorização da publicação sob responsabilidade do Programa. A extensão deste prazo demandará justificativa formal apresentada será comunicada à CAPES

Assinatura do Autor: *Márcio Anderson Silva Holanda*

Assinatura do Orientador: *Raimundo Nonato Pereira Teixeira*

MÁRCIO ANDERSON SILVA HOLANDA

**USO DE BIOCARVÃO COMO ADSORVENTE DE AGROTÓXICOS: REVISÃO
SISTEMÁTICA E METANÁLISE**

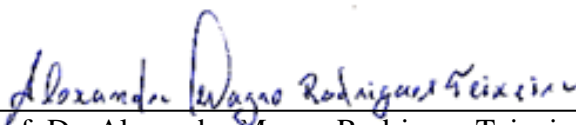
Relatório de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química Biológica, da Universidade Regional do Cariri, como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Química Biológica e aprovado em: 19 de janeiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Raimundo Nonato Pereira Teixeira

Orientador
(URCA)



Prof. Dr. Alexandre Magno Rodrigues Teixeira

Avaliador Interno
(URCA)



Prof. Dra. Carla Bastos Vidal

Avaliador Externo
(UTFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Liduína e José Holanda que têm uma vida sempre de muita luta, muito trabalho, simplicidade, renúncias e dedicação aos seus 5 filhos (Cássio, Márcio, Caio, Vicente e Bianca) fizeram com que todos estudássemos e que hoje possamos contribuir e retribuir o que a sociedade, em suas lutas, conseguiu nos proporcionar para compensarmos o abismo causado pela falsa meritocracia que insiste em massacrar cada vez mais jovens que não têm as mesmas oportunidades.

Ao programa de pós-graduação em Química Biológica da Universidade Regional do Cariri e a todos que fazem desse programa as suas casas e as suas vidas, em especial ao Coordenador Prof. Henrique Douglas que faz qualquer ser humano se apaixonar pela ciência e que muito me inspira.

Agradeço a Universidade Regional do Cariri pela sua importância social, política, econômica e ambiental na Região do Cariri. Por me abrir as portas para o ensino superior e me mostrar a necessidade das lutas populares e da função social da minha formação.

Agradeço ao meu orientador Prof. Raimundo que pude contribuir com a formação educacional do seu filho, como professor de química, e que posteriormente foi meu professor no curso de ciências biológicas, sendo sempre parceiro, paciente, calmo, um excelente ouvinte e que oferece sempre os melhores conselhos e reflexões além da ciência.

Agradeço aos meus colegas do PPQB que foram cruciais nesse processo, o que seria de nós sem o grupo de estudo e discussões? Em especial minha parceira Yannice e o Anjo Isis Oliveira Menezes que não desistiu de mim, inclusive me auxiliando na execução desse trabalho.

Aos meus amigos pessoais que me deram todo apoio e foram rede de sustentação nos momentos mais difíceis e parceiros nos momentos de lazer: Emiliana, Célida, Valberto, Flávio (Colégio Elit), Irma, Rudá, Poliana, Diego, Daniel e Fernanda.

Agradecer a minha sobrinha Ana Maria por me fazer sentir tão amado e admirado desde que você nasceu. E aos meus irmãos, avós, tias, tios, primos, parentes, vizinhos e admiradores e apoiadores de modo geral que sempre ficam felizes e se empolgam com as minhas conquistas e lutas na sociedade.

Agradecer a Ciência e todos os Cientistas por terem salvo tantas pessoas, por terem desenvolvido vacinas e por serem o farol que guia o futuro da relação entre a nossa espécie e o Planeta Terra e que ela se torne cada dia mais harmoniosa.

Agradecer a todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste estudo.

Muito obrigado.

“Ainda bem que chegamos a um paradoxo. Agora, há esperança de conseguirmos algum progresso.”

Niels Bohr

RESUMO

A utilização de agrotóxicos é uma perspectiva comum em diversos contextos e bastante utilizada na agricultura e serviços afins, mas que pode contaminar diversas outras adjacências ambientais como água, ar e solo. Esse fato leva a necessidade de pensar em estratégias que consigam retirar esses agrotóxicos do meio ambiente de modo menos agressivo. Nesse contexto, surge o biocarvão, produto que possui a capacidade de remover substâncias químicas e que pode ser ativado com diferentes intervenções e que tem mostrado efetividade para adsorção de componentes químicos. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar uso de biocarvão como bioadsorvente de agrotóxicos. Trata-se de uma revisão sistemática com meta-análise e metarregressão conforme as recomendações do protocolo PRISMA. Foram incluídos estudos dos últimos 20 anos, considerando estudos preferencialmente experimentais. Foram excluídos estudos qualitativos ou com alto risco de viés, outras revisões e duplicados. As variáveis analisadas foram a presença ou não de fatores que comprovem a efetividade ou não da adsorção de agrotóxicos. Foram excluídos estudos que abordem de forma superficial ou que não tragam positividade ou negatividade em relação ao desfecho. Foram pesquisados nas fontes: Scopus, Web of Science, PubMed e ScienceDirect. Os dados foram buscados de forma separada para melhor determinação investigativa. Os descritores utilizados para a busca foi a seguinte: *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*. A análise de dados geral ocorreu com o uso do software R 4.0. Foi usado o modelo DerSimonian-Laird com efeito randômico e análise de proporção com intervalo de 95% e significância de 0,05. Inicialmente foram encontradas 2431 referências das quais selecionou-se 14 para compor a revisão sistemática e metanálise. De acordo com as várias intervenções do biocarvão, verificou-se que é efetivo para manejo de moléculas desejadas e de baixo custo e auxilia no tratamento de diversos meios, inclusive águas contaminadas. Há uma carência considerável de estudos quando se trata do tema de adsorção de agrotóxicos com uso de biocarvão. Os estudos abordam uma perspectiva bastante heterogênea sobre o assunto frisando diferentes intervenções.

Palavras-Chave: Carvão ativado. Agrotóxicos. Adsorção

ABSTRACT

The use of pesticides is a common perspective in different contexts and widely used in agriculture and related services, but it can contaminate several other environmental surroundings such as water, air and soil. This fact leads to the need to think about strategies that can remove these pesticides in a less aggressive way of the environment. In this context, the biochar product appears that has the ability to remove chemical substances that can be activated with different interventions and that has shown effectiveness for adsorption of chemical components. Therefore, the aim of the study was to evaluate the use of biochar as a bioadsorbent for pesticides. This is a systematic review with meta-analysis and meta-regression according to the PRISMA protocol recommendations. Studies from the last 20 years were included, considering preferentially experimental studies. Qualitative studies or studies with high risk of bias, other reviews and duplicates were excluded. The variables analyzed were the presence or absence of factors that prove the effectiveness or not of pesticide adsorption. Studies that approached it superficially or that did not bring positivity or negativity in relation to the outcome were excluded. It was searched the sources: Scopus, Web of Science, PubMed and ScienceDirect. Data were searched separately for better investigative determination. The descriptors used for the search were: Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption. The overall data analysis took place using the R 4.0 software. The DerSimonian-Laird model with random effect and proportion analysis with a 95% interval and 0.05 significance was used. Initially, 2431 references were found, from which 14 were selected to compose the systematic review and meta-analysis. According to the various interventions of biochar, it has been found to be effective for handling desired molecules and at low cost and helps in the treatment of several places, including contaminated water. There is a considerable lack of studies when it comes to the issue of adsorption of pesticides using biochar. The studies approach a very heterogeneous perspective on the subject, emphasizing different interventions.

Keywords: Activated carbon. Pesticides. Adsorption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração esquemática dos processos envolvidos na adsorção de íons de metais...08	
Figura 1: Processo de seleção dos estudos.....29	
Figura 2: Metanálise dos estudos.....34	
Figura 3: Análise de viés de publicação.....35	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Informações dos agrotóxicos selecionados para o estudo.....	05
Tabela 2 - Materiais utilizados na produção de carvão ativado e sua respectiva produção anual.....	06
Tabela 2: Tipos de Adsorção.....	07
Quadro 1: Características dos estudos selecionados.....	28
Tabela 1: Avaliação de viés entre os estudos – GRADE.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS	1
1.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1 PESTICIDAS.....	4
2.2 OBTENÇÃO DE BIOCÁRVÃO A PARTIR DE REJEITOS AGROINDUSTRIAIS	4
2.3 BIODSORÇÃO E O PROCESSO ADSORTIVO	5
2.4 USO DO BIOCÁRVÃO PARA ADSORÇÃO DE PESTICIDAS	7
2.5 USO DA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE.....	10
REFERÊNCIAS	13
3. CAPÍTULO II: ARTIGO DE REVISÃO.....	23
4. CAPÍTULO III: CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
4.1 DISCUSSÃO GERAL.....	39
4.2 CONCLUSÕES GERAIS.....	41
4.3 PERSPECTIVAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS	42
5. ANEXOS.....	43
5.1 CHECKLIST PRISMA	43
5.2 PRISMA 2009 Flow Diagram (DIAGRAMA DE FLUXO).....	46
5.3 CHECKLIST DOWNS & BLACK.....	46
5.4 PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA GRADE	52
5.5 FICHA ORIGINAL USADA PARA ELEGIBILIDADE	55
5.6 MEDIDAS DE EFEITO E GRÁFICO	56
5.7 TELAS DE PESQUISA	62
6. APÊNDICES	65
METODOLOGIA ESTENDIDA: REVISÃO SISTEMÁTICA	65
6.1 CRITÉRIOS PARA CONSIDERAÇÃO DE ESTUDOS PARA ESTA REVISÃO	65
6.1.1 TIPOS DE ESTUDOS	65
6.1.2 TIPOS DE VARIÁVEIS	65
6.1.3 TIPOS DE DESFECHOS ANALISADOS	65
6.2 MÉTODOS DE BUSCA DOS ESTUDOS	66
6.3 COLEÇÃO DE DADOS E ANÁLISES	66
6.4 DETERMINAÇÃO DO RISCO DE VIÉS DOS ESTUDOS ANALISADOS.....	66
6.5 MENSURAÇÃO DOS EFEITOS	67

6.6 QUESTÕES DE UNIDADE DE ANÁLISE.....	67
6.7 LIDANDO COM DADOS AUSENTES.....	67
6.8 AVALIAÇÃO DE HETEROGENEIDADE	67
6.9 AVALIAÇÃO DE VIÉS DOS ESTUDOS SELECIONADOS	67
6.10 SÍNTESE DOS DADOS	67
6.11 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	68

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS

A aplicação de agrotóxicos na agricultura foi disseminada em todo o mundo, em especial, após a Segunda Guerra Mundial (TERRA, 2008), e vem provocando impactos sociais, ambientais e na saúde. Dessa forma, se fazem necessárias estratégias para minimizar as consequências destes, sendo a química biológica, na área de química ambiental, essencial no desenvolvimento de tecnologias que auxiliem neste processo.

Rachel Carson (1962) em seu livro “Primavera Silenciosa” denunciou os problemas ambientais decorrentes de pesticidas em menos de duas décadas desde o início da sua utilização, mostrando que a distribuição foi tão intensiva pelo mundo que estes aparecem, virtualmente, por toda parte. Sendo encontrados e retirados dos maiores sistemas fluviais, até mesmo em água corrente e, de forma discreta, por vias subterrâneas.

No tocante ao enfrentamento desta problemática, há abordagens na literatura no que se refere a políticas públicas na área da saúde na prevenção de riscos quanto a exposição, além de métodos alternativos de combate as pragas no setor agrícola (ZANUNCIO JUNIOR et al., 2018), e métodos de remoção de vestígios de pesticidas em alimentos (RODRIGUES, 2016), porém, deve-se atentar para estratégias direcionadas a recuperação de bens ambientais que já foram atingidos e que contem vestígios destes produtos, recuperando-os, a exemplo da água.

Com isso, a busca por alternativas tecnológicas viáveis para o tratamento deste tipo de afluente e também dos efluentes gerados pelo agronegócio torna-se importante, uma vez que devem ser minimizados os impactos ambientais e a saúde.

Assim, entende-se que compostos persistentes não são devidamente removidos pelos processos de tratamento convencionais, enfatizando assim a necessidade de um tratamento mais aprimorado antes do descarte ou despejo de efluentes contaminados com determinados compostos orgânicos (SATHISHKUMAR; MANGALARAJA; ANANDAN, 2016).

Por meio deste estudo foi possível verificar o potencial do carvão ativado na sua utilização como adsorvente alternativo de baixo custo para tratamento de águas contaminadas, enquanto proposta promissora, eficiente, economicamente viável e ecologicamente sustentável.

A grande disponibilidade e o baixo custo dos resíduos agrícolas têm despertado interesses quanto ao seu melhor aproveitamento, para serem utilizadas para a adsorção de agrotóxicos. Milhões de toneladas desses resíduos são produzidos no mundo anualmente e, na maioria das vezes, removidas por meio de queimadas, provocando problemas maiores de poluição ambiental (ALBERTINI; CARMO; PRADO FILHO, 2007), sendo assim essencial a busca por maneiras de reutilizar de forma útil e consciente dos resíduos que seriam descartados, sendo assim também uma forma de educação em saúde e ambiental para a população.

Ressalta-se a importância de se atuar na investigação de estratégias que possam auxiliar à saúde e meio ambiente a curto e longo prazo, em curto e largo espectro, dada a possibilidade de compor estratégias viáveis que possam ser propostas aos gestores de saúde, meio ambiente e até mesmo intersetoriais, na recuperação de um bem necessário e precioso à nossa subsistência. Além de se mostrar um estudo de relevância social e acessível a população, principalmente no Brasil, fornecendo subsídios à saúde e meio ambiente, em vias de se recuperar efluentes considerados inviáveis.

1.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Uma vez identificada a relevância em buscar estratégias adsorventes de baixo custo e elevada efetividade, afim de comparar seus níveis de evidência, elegemos que uma pesquisa pautada em uma revisão de literatura do tipo sistemática associada a metanálise (análise estatística) fosse ideal, tendo em vista o seu elevado grau de confiabilidade no âmbito científico. Tal revisão foi originalmente guiada por palavras-chave (descritores) que abrangessem os principais termos abordados sobre o tema em artigos indispensáveis sobre a temática, nas bibliotecas e bancos de dados de ampla e frequente busca pela sociedade científica.

O trabalho foi realizado metodologicamente segundo as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews e MetaAnalyses*, com a busca dos estudos em fontes relacionadas com a temática as quais foram: Scopus, Web of Science electronic databases, PubMed (of the US National Library of Medicine National Institutes of Health) e ScienceDirect (Elsevier) (ANEXO 5.7).

Os dados foram buscados de forma separada para melhor determinação investigativa. Os descritores utilizados para a busca foram escolhidos visando os principais termos abordados sobre o tema em artigos indispensáveis sobre a temática. *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*. Para cada artigo selecionado realizou-se uma leitura na íntegra de títulos e resumos e posteriormente do estudo completo para avaliação de elegibilidade (ANEXO 5.5).

Cada estudo passou por uma avaliação individual de risco de viés para determinação de qualidade metodológica e inclusão ou exclusão do estudo. Para mensuração de efeito, realizou-se a metanálise de proporção com auxílio do pacote estatístico do software denominado R 4.0.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para uma maior organização deste trabalho de pesquisa, apresenta-se primeiramente uma fundamentação conceitual sobre a temática, abordando a questão dos pesticidas e a necessidade que garante o uso de alternativas que consigam proporcionar uma maior facilidade no processo de adsorção de agrotóxicos. Em seguida, as estratégias de pesquisa utilizadas para

a construção da dissertação, bem como a sua estrutura. Posteriormente, para fornecer um embasamento teórico e científico firme, acerca do que se trata o trabalho, é apresentada a sua fundamentação teórica.

Após a exposição do artigo produzido bem como os seus resultados, há uma seção dedicada a elaboração da discussão e conclusão geral que une alguns argumentos e explicações dos artigos selecionados e de outras literaturas selecionadas. Por fim, serão apresentadas as perspectivas de pesquisa futuras relacionadas com a temática e possíveis avanços que são possíveis dentro desse contexto.

INTRODUÇÃO GERAL	<ul style="list-style-type: none">•Objetivos e Questionamentos;•Estratégias de pesquisa;•Estrutura da dissertação;
CAPÍTULO I	<ul style="list-style-type: none">•Pesticidas;•Obtenção de biocarvão a partir de rejeitos agroindustriais;•Biossorção e o processo adsorptivo;•Uso do biocarvão para adsorção de pesticidas;•Uso da revisão distemática e metanálise;
CAPÍTULO II	<ul style="list-style-type: none">•Artigo de revisão;
CAPÍTULO III	<ul style="list-style-type: none">•Discussão geral;•Conclusões gerais;•Perspectivas de investigações futuras;
ANEXOS	<ul style="list-style-type: none">•Checklist e Flow Diagram PRISMA;•Checklist downs e black•Processo de avaliação do sistema grade•Ficha de elegibilidade•Medidas de efeito e gráfico•Telas de pesquisa
APÊNDICES	<ul style="list-style-type: none">•Metodologia estendida;•Revisão sistemática.

2. CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PESTICIDAS

Os agrotóxicos são compostos orgânicos amplamente empregados na agricultura moderna, relevantes por auxiliar nas plantações, aumentando a produção de alimentos. Na atualidade a literatura tem abordado com frequência os impactos deletérios do uso de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana e acerca do precário monitoramento da exposição aos agrotóxicos (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018), dada a sua evidência principalmente no Brasil, que em 2019 liberou a utilização de 382 novos agrotóxicos pelo Ministério da Agricultura, sendo considerado o maior consumidor de agrotóxicos no mundo (BRASIL, 2019), gerando assim maior preocupação aos órgãos de saúde e meio ambiente.

Para o estudo, foram selecionados três agrotóxicos de maior empregabilidade na cultura da banana na região do Cariri. Estes são de aplicação foliar pertencentes da mesma classe química (fungicida), porém possuem propriedades físico-químicas e classe toxicológica distintas. As principais informações acerca destes agrotóxicos estão listadas na tabela 1.

Tabela 3: Informações dos agrotóxicos selecionados para o estudo.

<i>Agrotóxico</i>	<i>Grupo Químico</i>	<i>Classificação toxicológica</i>	<i>pKa (25°C)</i>	<i>K_{ow}</i>	<i>Fórmula Molecular</i>
<i>Azoxistrobina</i>	Estrobilurina	Classe III	N.A.	3,16x10 ²	C ₂₂ H ₁₇ N ₃ O ₅
<i>Difenoconazol</i>	Triazol	Classe I	1,07	2,29x10 ⁴	C ₁₉ H ₁₇ Cl ₂ N ₃ O ₃
<i>Propiconazol</i>	Triazol	Classe II	1,09	5,23x10 ³	C ₁₅ H ₇₁ Cl ₂ N ₃ O ₂

Fonte: ANVISA (2019)

2.2 OBTENÇÃO DE BIOCÁRVÃO A PARTIR DE REJEITOS AGROINDUSTRIAIS

De Gisi et al. (2016) observou que há uma tendência em relação ao aproveitamento de subprodutos e resíduos agrícolas como uma solução sustentável para o tratamento de águas residuais na última década, fornecendo uma variedade de fontes renováveis para a produção de biocárvão, um material poroso, rico em carbono.

Para a preparação de carvão ativado (CA) podem ser utilizados vários precursores, podendo ser provenientes da biomassa ou carvões minerais. O material escolhido deve ter um alto teor de carbono e baixo teor de cinzas (materiais provenientes de vegetais e fósseis < 3%, biomassa < 2% e turfa < 1%). Na tabela 2, pode-se observar alguns materiais precursores do carvão ativado (CLAUDINO, 2003; SCHETTINO JÚNIOR, 2004; SCHULTZ; CAPOBOANCO; PIANARO, 2010).

Tabela 2: Materiais utilizados na produção de carvão ativado e sua respectiva produção anual.

Materiais	Produção Anual de Carvão Ativado (t/ano)
Madeira	130.000
Carvão mineral	100.000
Linhito*	50.000
Casca de coco	35.000
Turfa**	35.000
Outros	10.000

*carvão estritamente biológico e fóssil, formado por matéria orgânica vegetal. ** material de origem vegetal o qual se transforma em carvão em condições geológicas adequadas.

Fonte: Tabela confeccionada com base na dissertação de Schettino Junior (2004).

2.3 BIODSORÇÃO E O PROCESSO ADSORTIVO

A biossorção trata da aplicação do processo de adsorção de substâncias presentes em um fluido (adsorvato) à uma matriz sólida (adsorvente), porém essa se restringe a utilizar matrizes biológicas como adsorventes. Com isso, pode ser definida como processo em que envolve a concentração ou acumulação de íons ou moléculas sobre uma superfície adsorvente biológica, podendo ser composta por microrganismos, vegetais macroscópicos ou mesmo por biomassa morta como partes de tecidos específicos de vegetais, fibras naturais, plantas, algodão, dentre outras (BARROS *et al*, 2006; MORIN-CRINI *et al*, 2019; PINO e TOREM, 2011).

Trabalhos na literatura como os de Ngah e Hanafiah (2008) e Morin-Crini *et al*. (2019), ressaltam que o fato desses biomateriais serem abundantes na natureza, disponíveis em grandes quantidades, apresentar baixo custo, e poderem ter potencial como materiais biossorventes em consequência de suas características físico-químicas e estrutura particular, podendo ou não apresentar modificações químicas, os tornam grandes alternativas para a sua aplicação em processos de adsorção.

De acordo com Crini e colaboradores (2019), a separação é baseada na adsorção seletiva, ou seja, seletividade termodinâmica e/ou cinética dos contaminantes por um adsorvente devido a interações específicas entre a superfície do material adsorvente e os contaminantes adsorvidos (transferência de massa simples da fase líquida para a fase sólida).

Teixeira (2015) ressalta que o processo adsortivo pode ocorrer por dois caminhos, sendo eles a adsorção física e a química, diferenciados pela força de atração existente entre o adsorvente e o adsorvato, conforme é apresentado na Tabela 3.

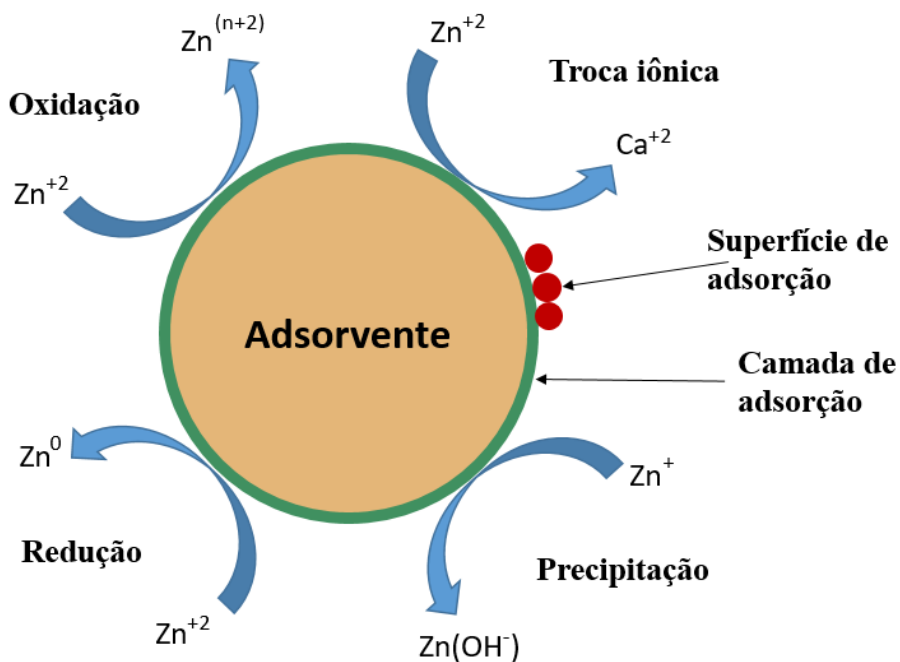
Tabela 4: Tipos de Adsorção.

Tipo de adsorção	Características
Física	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo calor de adsorção; • Interações adsorvato-adsorvente regidas por forças de Van der Waals; • Processo reversível (Moléculas adsorvidas podem ser desprendidas sem nenhuma alteração em sua estrutura, o que facilita a recuperação dos componentes adsorvidos).
Química	<ul style="list-style-type: none"> • Sítios adsorptivos carregados positivamente, negativamente; • Quimissorção (ligações químicas entre as valências livres do adsorvente e do adsorvato); • Adsorção específica (Depende da natureza das espécies envolvidas).

Fonte: Adaptado de Teixeira (2015).

No que diz respeito aos mecanismos envolvidos no processo de adsorção, destacam-se a adsorção superficial, troca iônica, oxidação, redução e precipitação (Figura 1).

Figura 1: Ilustração esquemática dos processos envolvidos na adsorção de íons de metais.



Fonte: Adaptado de Teixeira (2015).

2.4 USO DO BIOCARVÃO PARA ADSORÇÃO DE PESTICIDAS

Muitos estudos apontam para o potencial do biocarvão no tratamento de águas residuais, por efetivamente remover metais tóxicos de soluções aquosas (INYANG et al., 2016; PATRA et al., 2017). A mesma lógica pode ser aplicada para o tratamento de água contaminada por agrotóxicos. O uso de novas tecnologias que visam a eficiência no tratamento da água como a seleção de microrganismos integrantes da camada biológica ou biofilme formado em filtros lento de areia e filtros de carvão é bastante promissor na remoção de partículas (WANG et al., 2007).

O impacto ambiental em decorrência do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde pública é um assunto bastante estudado. Na saúde, está associado a prejuízos ao sistema reprodutor, incluindo o desenvolvimento de câncer (PAN, 2010). Foo (2010) afirma que a adsorção de pesticidas por carvão ativado mostrou-se superior a outras técnicas de reutilização da água em termos de custo inicial, flexibilidade e simplicidade de design, facilidade de operação e insensibilidade a substâncias tóxicas poluentes.

Com a expansão da agroindústria, os agrotóxicos vêm sendo utilizados em larga escala para a produção de alimentos e matérias-primas para a indústria. Os herbicidas são os compostos químicos mais usados para o controle de pragas, em principal aquelas indesejadas (CANEVAROLI et al., 2021). A utilização dos herbicidas em grandes quantidades e muitas vezes usados de forma desnecessária nas diversas culturas agrícolas promove sua propagação no solo, nos sedimentos e nas águas superficiais e subterrâneas (VRYZAS et al., 2009).

O Brasil se destaca por ser o maior consumidor de agrotóxicos da América Latina que corresponde a 86% do consumo desses produtos (IBGE, 2015). Os herbicidas são a classe de agrotóxicos mais consumida seguida pelos inseticidas, fungicidas e acaricidas. Dentro dessa classe de agrotóxicos o mais consumido é o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) autorizado pelo Brasil para o controle de pragas nos cultivos de soja, milho, cana-de-açúcar, café, trigo, aveia, centeio, arroz e pastagem formada (IBAMA, 2010).

A atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina) pertencente ao grupo das s-triazinas é um herbicida comumente utilizado em todo o mundo para o controle de pragas, porém, é um composto de difícil degradação tornando-o um contaminante que traz preocupação ambiental por ser o principal responsável pelos efeitos cancerígenos em seres humanos (CHAN; CHU, 2005; OMS, 2011). A contaminação dos mananciais de abastecimento pelos herbicidas representa um grande risco a saúde quando o consumo da água não passar por um tratamento adequado (BAGHAPOUR; NASSERI; DERAKHSHAN, 2013).

O processo de tratamento da água para a remoção devido aos contaminantes como 2,4-D não é efetivo. Por isso, tem-se como tecnologia proposta para essa finalidade a utilização do

carvão ativado para a adsorção dos microcontaminantes considerada como uma tecnologia eficaz para a remoção de substâncias causadoras de gosto e odor, compostos orgânicos sintéticos, substâncias formadoras de cor, subprodutos de desinfecção, constituintes inorgânicos e agrotóxicos (CORWIN; SUMMERS, 2012). Grande parte das substâncias agrotóxicas causam sabor, odor, cor, mutagenicidade e toxicidade, incluídas nesses causadores, os agrotóxicos geosmina, metilisborneol e cianotoxina que podem ser adsorvidas pelo carvão ativado (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

O carvão ativado é composto por macroporos, mesoporos e microporos, de grande área superficial e responsáveis pela remoção de substâncias orgânicas presentes na água de abastecimento (CASTILLA, 2004). O uso do carvão ativado granular nos sistemas de filtração em estações de tratamento de água (ETAs) é considerada como uma alternativa bastante eficaz e de baixo custo no tratamento de águas contaminadas por esses poluentes (ISAAC; FERNANDES, 2018). Entretanto, é necessário trocas periódicas do carvão nas instalações do leito em que foi utilizado em razão de sua limitada adsorção (SIMPSON, 2008). Estudos demonstram que o uso do carvão ativado com a finalidade de atividade biológica é uma alternativa que mantém o padrão de qualidade da água potável sem ficar caro o tratamento da água nas ETAs (SEREDYŃSKA-SOBECKA et al., 2006; SIMPSON, 2008).

O emprego de biofiltros de carvão ativado nas ETAs tem capacidade de prolongar a vida útil das carreiras de filtração além de auxiliar na extração dos compostos da matéria orgânica e micropoluentes como cianotoxinas, herbicidas, fármacos isso tudo devido aos microrganismos presentes no biofilme (BORGES et al., 2016; WESTPHALEN; CORÇÃO; BENETTI, 2016). A adsorção pode ser influenciada pelas características do adsorvente e do adsorvato bem como pela temperatura, tempo de contato e propriedades físico-químicas da água (JIANG; ADAMS, 2006).

Em relação aos processos oxidativos associados ao uso do carvão ativado granular (CAG) é um método eficaz na remoção da matéria orgânica e quando usado como pré-tratamento aos processos com membranas produzem uma água de qualidade superior reduzindo a bioincrustação na membrana uma vez que o CAG possui forma irregular de partículas, alta porosidade e atração dos contaminantes (GORZA, 2012; NISHIJIMA et al., 1997). O carvão possui microporos que apresentam alta capacidade adsorção de moléculas com pequenas dimensões como o agrotóxico 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) (BANSAL; GOYAL, 2005). Observou-se que os microrganismos presentes no biofilme dos filtros de carvão utilizam a atrazina como fonte de carbono e nitrogênio com a finalidade de suprir os gastos energéticos e o crescimento (SHAPIR et al., 2007).

O sistema de filtração através filtros de carvão colonizados por microrganismos

removem a atrazina de forma mais eficiente quando comparado aos valores obtidos pelos filtros de carvão sem atividade biológica (CANEVAROLI et al., 2021). A biodegradação é um processo decorrente da produção de enzimas hábeis e ativas por microrganismos por meio da sua exposição e a forma que se adapta a um determinado composto. A exposição de forma prolongada dos microrganismos aos xenobióticos (herbicidas) facilitam a sua biodegradação tendo como resultado a redução da toxicidade dos locais contaminados (SOLOMON; KUMAR; SATHEEJA SANTHI, 2013).

A adsorção em leito fixo é composta por uma coluna que engloba o sólido adsorvente na fase estacionária que tem como objetivo a remoção da substância desejada que deve estar diluída em um fluido. O projeto para a realização desse procedimento deve selecionar um adsorvente bem como ter informações de seu equilíbrio (VOLTAN et al., 2016). A capacidade de adsorção em leito fixo depende das características do carvão ativado bem como do pH da fase líquida, das características hidráulicas e físicas do sistema e da concentração do composto no afluente o CAG é um sistema vantajoso para ser utilizado nos sistemas de tratamento de água (COELHO; ROZÁRIO, 2019).

O uso do CAG para o tratamento da água apresenta a capacidade de adsorver os compostos orgânicos. O CAG apresenta a vantagem de poder ser regenerado ou reativado após seu uso. A regeneração é o processo pelo qual é possível recuperar a capacidade de adsorção do carvão por meio da extração dos materiais adsorvidos pelos poros e a reativação utiliza os mesmos procedimentos, porém ocorre perdas na sua preparação em virtude do atrito e da oxidação (GORZA, 2012).

Os biofilmes se desenvolvem mediante processos como aderência, crescimento, desprendimento e morte de microrganismos (HAMMES et al., 2011). O desenvolvimento do biofilme irá depender de condições como das propriedades da superfície de aderência e da componentes físico-química presentes na água (WESTPHALEN; CORÇÃO; BENETTI, 2016). O tratamento biológico da água para o consumo humano tem maiores aplicações em países europeus devido a filtração em margem ou pela filtração lenta em areia ou carvão ativado (MOEL et al., 2006).

O pré-tratamento com o uso do carvão ativado biológico (CAB) é recomendado para remoção das partículas em suspensão e matéria orgânica que dependerá das características da água bruta e do manancial (ELDER; BUDD, 2011). Os efluentes dos filtros de CAB apresentam um número maior de bactérias em relação ao afluente do filtro por efeito do desprendimento dos organismos que estão associados ao biofilme (SERVAIS et al., 2005). A taxa de transferência de massa do CAG ocorre de forma lenta. Esse fato é devido a movimentação da massa ao longo do filtrante adsorvedor se expande a uma determinada profundidade quando a

concentração do adsorvato na fase líquida apresenta reduções (VOLTAN et al., 2016).

Em relação ao ponto de carga zero do adsorvente do carvão ativado GAB representa 7,46% considerado sólido enquanto o adsorvente do carvão ativado comercial CBP obteve 4,76% sendo mais ácido. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de ocorrer interações entre os adsorventes e os solutos (SPALTRO et al., 2018). Compreendendo o mecanismo de adsorção na superfície do carvão ativado, é essencial para uma remoção eficaz das substâncias livres da água (SALMAN; NJOKU; HAMEED, 2011).

A preparação do carvão ativado a partir da ganga de carvão é um adsorvente que tem a função de remover compostos orgânicos macromoleculares e íons pesados. Quando se trata das zeólitas, estas por sua vez possuem boa propriedade dispersiva, distribuição de tamanho uniforme e formas geométricas regulares sem impurezas (LI et al., 2020). Outras preparações podem ser obtidas através do carvão ativado como as cascas de amêndoas residuais agrícolas e cascas de laranja em que foi possível estimar a capacidade máxima de adsorção dessas preparações por meio do modelo de Freundlich obteve-se $166,7 \text{ mg g}^{-1}$ e $288,57 \text{ mg g}^{-1}$ para cascas de laranja e cascas de amêndoas residuais agrícolas (HASHEMIAN; SALARI; YAZDI, 2014).

Há também a possibilidade de produzir adsorventes de materiais de baixo custo a partir de poços de tâmara e ativado com H_3PO_4 (DPH) em que este por sua vez é capaz de atrair o l-triptofano por meio de interações hidrofóbicas $\pi - \pi$ (BELHAMDI et al., 2019). O carvão ativado de casca de semente de abóbora obteve resultados significativos para a remoção do 2,4-D 98,28%, 97,57%, 96,03%, 93,40%, 78,11% e 65,07% na concentração inicial de 50, 100, 150, 200, 300 e 400 mg/L (NJOKU; FOO; HAMEED, 2013).

2.5 USO DA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE

A revisão sistemática é um tipo de estudo secundário que é realizado a partir de estudos primários. Esses estudos são selecionados a partir de base de dados, assim como alguns critérios para a inclusão dos estudos os quais são estabelecidos previamente.

As revisões tradicionais como as revisões integrativas ou narrativas têm algumas vantagens de serem realizadas como a facilidade ou uma possibilidade de maior abrangência do tema, mas apresentam algumas limitações como não serem baseadas em um protocolo e geralmente seguem determinações diferentes o que prejudica a síntese de dados; pode apresentar informações tendenciosas que dificultam a generalização dos dados. Além disso, em outros tipos de revisões pode haver a perda de rigor o que pode levar a diferentes conclusões ou uma análise subjetiva. Esses motivos levam a uma maior necessidade de desenvolver estudos de revisão sistemática (RS).

Algumas etapas são fundamentais para o desenvolvimento da RS e incluem primeiramente a definição de uma pergunta de pesquisa. Em estudos que avaliam intervenções como é o caso, é usado um acrônimo denominado PICO em que P é a população ou problema de pesquisa; I é a intervenção; C é a comparação realizada (grupo controle) e O vem do inglês *outcome* que é o desfecho ou resultado da pesquisa. Depois de realizada a definição da pergunta de pesquisa, são escolhidos os melhores descritores para a busca dos estudos nas fontes de informações.

De posse dessas informações, os estudos são identificados e selecionados os relevantes considerando o objetivo do estudo de revisão e a temática. Com os estudos primários selecionados é necessário combinar os resultados (e conduzir uma metanálise, se apropriado). Com essas informações, os dados são interpretados realizando todas as considerações de uma revisão.

A metanálise (o cálculo estatístico) é necessário para conseguir reunir as informações em um único tópico que consiga provar a discussão. Com a realização do cálculo é possível generalizar de uma forma mais segura as informações dos estudos afastando erros interpretativos de subjetividade (KAURA, 2016). Quando é necessário realizar a análise são considerados os desfechos primários (resultados principais buscados e avaliados) e os secundários (possíveis outras inferências que podem advir do estudo).

Os estudos são selecionados e avaliados em vários aspectos. Um dos pontos importantes é a avaliação de viés ou erro. A avaliação de viés é um processo de leitura crítica dos estudos que avalia principalmente aspectos metodológicos e resultados os quais são cruciais para o desenvolvimento de um estudo não tendencioso. Uma escala geral é a denominada de Downs e Black (ANEXO 5.3) que contém 27 itens para avaliação individual dos estudos. Cada estudo recebe, uma pontuação entre 0 e 27 e artigos com menos de 15 pontos são excluídos da pesquisa. Uma outra forma importante de analisar viés é o erro de publicação, avaliado em relação a assimetria do gráfico, se simétrico ou assimétrico. Para a avaliação conjunta dos estudos é utilizado o sistema GRADE (ANEXO 5.4)—que avalia de forma conjunta os estudos considerando alguns pontos como evidência indireta, comparação com os grupos, viés de publicação e seleção das pesquisas. Para seleção mais precisa dos estudos, recentemente tem-se utilizado a plataforma Rayyan que considera arquivos duplicados e critérios de inclusão e exclusão dos estudos primários (OUZZANI, et al., 2016).

Quando é realizado uma metanálise, um dos principais resultados é o gráfico de florest plot. Cada estudo será representado com uma linha e um quadrado que avalia intervalo de confiança e peso de cada estudo dentro da revisão. O resultado final é descrito com uso do losango da metanálise que irá mensurar o efeito final da estatística.

Um outro aspecto que é considerado é a análise de heterogeneidade que detecta a presença de uma variabilidade observada entre as estimativas. Geralmente é representada com o teste de *qui-quadrado* (χ^2) que pode ser utilizado para verificar associação entre variáveis. Quando é realizado a análise, há necessidade de considerar se há efeitos fixos (assumindo que os artigos seleccionados são muito semelhantes) ou efeitos aleatórios (que considera a variância entre os estudos seleccionados) e que é utilizado um método de cálculo denominado DerSimonian-Laird. Conjuntamente pode ser realizado uma análise de sensibilidade que determinada se os resultados são robustos e compatíveis com o método do estudo (HIGGINS; GREEN, 2009).

A mensuração de efeitos (ANEXO 5.6) pode ser realizada com alguns testes estatísticos como *odds ratio*, risco relativo, proporção, entre outros. Quando os estudos não apresentam grupo comparativo clássico ou a descrição do grupo, é utilizado o cálculo de proporção. Para análise de resultados é utilizado o p-valor que é um valor crítico de erro de 5% estabelecido na maioria dos testes estatísticos (KAURA, 2016).

REFERÊNCIAS

- AHMAD, K. S. Arachis hypogaea activated carbon-assisted removal of 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-ethylsulfonylpyridin-2-yl)sulfonylurea herbicide in agriculturally adsorbed soils. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, n. 10, p. 6247–6258, 1 out. 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-2016-0>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- AKSU, Z.; KABASAKAL, E. Batch adsorption of 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon. **Separation and Purification Technology**, v. 35, n. 3, p. 223–240, 1 mar. 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586603001448>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; PRADO FILHO, L. G. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 113-118, 2007.
- ANGIN, D.; GÜNEŞ, S. The usage of orange pulp activated carbon in the adsorption of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid from aqueous solutions. **International Journal of Phytoremediation**, v. 23, n. 4, p. 436–444, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2020.1825325?journalCode=bijp20>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Relatório de Atividades 2010/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/gestao/relatorios-de-atividades/relatorio-de-atividades-2010.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Registros e Autorizações de Agrotóxicos** - Monografias Autorizadas. Acesso em: 06 de novembro de 2019. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- BAGHAPOUR, M. A.; NASSERI, S.; DERAKHSHAN, Z. Atrazine removal from aqueous solutions using submerged biological aerated filter. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3776298/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- BANSAL, R. C.; GOYAL, M. **Activated carbon adsorption**. Nova: CRC Press, 2005. 487 p.
- BARROS, A. J. M. et al. **ESTUDO TERMOGRAVIMÉTRICO DO PROCESSO DE SORÇÃO DE METAIS PESADOS POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 11, p. 184–190, 2006. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/esa/a/FFHfSLvw7M5QfDgcQsHNMcC/?lang=pt>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BASIRI, H. et al. Removal of aniline as a health-toxic substance from polluted water by aloe vera waste-based activated carbon. **Der Pharma Chemica**, v. 7, n. 11, p. 149-155, 2015.

Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/143841202.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BELHAMDI, B. et al. The removal and adsorption mechanisms of free amino acid l-tryptophan from aqueous solution by biomass-based activated carbon by H₃PO₄ activation: Regeneration study. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 114, p. 102791, 1 dez. 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706519301494>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BORGES, R. M. et al. Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 709–720, 5 set. 2016. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/esa/a/qShs6gCcN46bLKrnCB9Ljkr/?lang=pt>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informações técnicas sobre agrotóxicos**. Registros concedidos de 2005 a 2019. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012. Disponível em:

<https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_sistematica.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas: Sistema GRADE – Manual de graduação da qualidade da evidência e força de recomendação para tomada de decisão em saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em:

<https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_sistema_grade.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CALVERT, G. M.; KARNIK, J.; MEHLER, L.; BECKMAN, J.; MORRISSEY, B.; SIEVERT J; BARRETT R; LACKOVIC M; MABEE L; SCHWARTZ A; MITCHELL Y; MORAGAMCHALEY S. Acute Pesticide Poisoning Among Agricultural Workers in the

United States, 1998–2005. **American Journal Of Industrial Medicine** 51:883–898, California, 2008. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18666136/>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CANEVAROLI, M. R. et al. Remoção de herbicida atrazina por meio de filtros de carvão ativado granular associados com microrganismos no tratamento de água para abastecimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 263–272, 10 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/BLyRw9TpV8h6gZyqyqrJWzr/?lang=pt>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CARSON, R. Primavera Silenciosa. Traduzido por Claudia Sant’Anna Martins – 1. ed. – São Paulo: Gaia, 2010.

CASTILLA, C.M. Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. **Carbon**, v. 42, n. 1, p. 83-94, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000862230300469X>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CHAN, K. H.; CHU, W. Effect of humic acid on the photolysis of the pesticide atrazine in a surfactant-aided soil-washing system in acidic condition. **Water Research**, v. 39, n. 10, p. 2154–2166, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15893357/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86346/192226.pdf?sequence>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

COELHO, E. R. C.; DO ROZÁRIO, A. Removal of 2,4-d in water samples by adsorption in fixed beds of granular activated carbon on reduced scale. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 453–462, 1 maio 2019. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1012056>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CORWIN, C. J.; SUMMERS, R. S. Controlling trace organic contaminants with GAC adsorption. **Journal of the American Water Works Association**, v. 104, n. 1, p. E36-E47, 2012. Disponível em: <<https://awwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.5942/jawwa.2012.104.0004>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CRINI, G. et al. Conventional and non-conventional adsorbents for wastewater treatment. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, p. 195-213, 2019. Disponível em:

- <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-018-0786-8>>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- DE GISI, S.; LOFRANO, G.; GRASSI, M.; NOTARNICOLA, M. Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 9, p. 10-40, 2016. Disponível em: <<https://sdgresources.relx.com/research-articles/characteristics-and-adsorption-capacities-low-cost-sorbents-wastewater-treatment>>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. v. 1. São Carlos: RiMa, 2005.
- DOWNS, S. H.; BLACK, N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomized and non-randomised studies of health care interventions source. *J Epidemiol Community Health*, v. 52, n. 6, p. 377-384, 1998. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9764259/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- DUSSERT, B., VAN STONE, G. The biological active carbon process for water purification. **Water Engineering & Management**, v. 141, n. 12, p. 22-24, 1994.
- ELDER, D.; BUDD, G.C. Overview of water treatment processes. In: EDZWALD, J.K. (Ed.) *Water quality and treatment: a handbook on drinking water*. 6th ed. **New York: McGraw-Hill/American Water Works Association**, chapter 5, 2011.
- FERNANDES NETO, M. L.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira – Engenharia Sanitária e Ambiental v 14 pp. 69-78, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/YxJ97Sgv3VZNYNLx7nRb6dw/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Detoxification of pesticide waste via activated carbon adsorption process, **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, n. 1-3, p. 1-11, 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19879688/>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social – 7. ed. – São Paulo: Atlas, 2019.
- GORZA, N. L. **Remoção de agrotóxicos em instalação piloto de tratamento de águas de abastecimento do tipo convencional, associado à pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufes.br/handle/10/6127>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- HAMMES, F.; VELTEN, S.; EGLI, T.; JUHNA, T. Biotreatment of drinking water, 2011.
- MOO-YOUNG, M. (Ed.) **Comprehensive biotechnology. 2nd ed. Amsterdam, Holland: Elsevier**, p. 517-530.
- HASHEMIAN, S.; SALARI, K.; YAZDI, Z. A. Preparation of activated carbon from

agricultural wastes (almond shell and orange peel) for adsorption of 2-pic from aqueous solution. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 1892–1900, 25 jul. 2014. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X13004292>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

HEARON, S. E. et al. Decreased bioavailability of aminomethylphosphonic acid (AMPA) in genetically modified corn with activated carbon or calcium montmorillonite clay inclusion in soil. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 100, p. 131–143, 1 fev. 2021.

Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074220302850>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (Ed.). **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. Version 5.0.2. The Cochrane Collaboration, 2009. Disponível em:

<<http://www.cochrane.org/resources/handbook/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**, n. 10, 2015. Disponível em:

<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf> >. Acesso em: 15 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**. Brasília: IBAMA, 2010. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/produtos_agrotoxicos_comercializados_brasil_2009.pdf >. Acesso em: 15 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos Registros concedidos de 2000 a 2019**. Brasília: IBAMA, 2019. Disponível em:

<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#>_ Acesso em: 14 jul. 2021.

INYANG, M. I.; GAO, B.; YAO, Y.; XUE, Y.; ZIMMERMAN, A.; MOSA, A.;

PULLAMMANAPPALLIL, P.; OK, Y. S.; CAO, X. A review of biochar as a low-cost adsorbent for aqueous heavy metal removal. **Crit. Revista Environmental Science & Technology**, v. 46, p. 406–433, 2016. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2015.1096880>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

ISAAC, R. D. L.; FERNANDES, R. Point of use granular activated carbon filters (pou) efficiency for atrazine removal. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 7, p. 103, 18 mar. 2018.

Disponível em: <<https://periodicos.ifgoiano.edu.br/index.php/multiscience/article/view/175>>.

Acesso em: 16 jun. 2021.

JIANG, H.; ADAMS, C. Treatability of chloro-s-triazines by conventional drinking water treatment technologies, **Water Research**, v. 40, p. 1657-1667, 2006. Disponível em:

<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16631856/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

KAMEL F; HOPPIN JÁ. Association of Pesticide Exposure with Neurologic Dysfunction a disease. **Environmental Health Perspectives**, v.112, n.9, p. 950-958, 2004. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1247187/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

KAURA, A. Medicina baseada em evidências: leitura e e redação de textos clinicos – 1. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

LATAYE, D. H.; MISHRA, I. M.; MALL, I. D. Adsorption of α -picoline onto rice husk ash and granular activated carbon from aqueous solution: Equilibrium and thermodynamic study. **Chemical Engineering Journal**, v. 147, n. 2–3, p. 139–149, 15 abr. 2009. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894708003847>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

LI, H. et al. Facile preparation of zeolite-activated carbon composite from coal gangue with enhanced adsorption performance. **Chemical Engineering Journal**, v. 390, p. 124513, 15 jun. 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720305040>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MOEL, P.J.; VERBERK, J.Q.J.C.; DIJK, J.C. *Drinking water: principles and practices*. New Jersey: World Scientific, 2006.

MOHAMMAD, S. G. et al. Porous activated carbon from lignocellulosic agricultural waste for the removal of acetampirid pesticide from aqueous solutions. **Molecules**, v. 25, n. 10, 1 maio 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/25/10/2339/htm>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, A. D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Med**, v. 6, n. 7, 2009. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19621072/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MORIN-CRINI, N. et al. Hemp-based adsorbents for sequestration of metals: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, p. 393–408, 2019. Disponível em:

<<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-018-0812-x.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MORIN-CRINI, N. et al. Hemp-based adsorbents for sequestration of metals: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, p. 393–408, 2019. Disponível em:

<<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-018-0812-x.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

NGAH, W. S. W.; HANAFIAH, M. A. K. M. Removal of Heavy Metal Ions from

Wastewater by Chemically Modified Plant Wastes as Adsorbents: A Review. **Bioresour**

- Technol.**, v. 99, n. 10, p. 3935–48, 2008. Disponível em:
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17681755/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- NISHIJIMA, W. et al. **Effects of adsorbed substances on bioactivity of attached bacteria on granular activated carbon.** *Water Science and Technology*, v. 35, n. 3, p. 203-208, 1 jan. 1997. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122397001686>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- NJOKU, V. O.; FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Microwave-assisted preparation of pumpkin seed hull activated carbon and its application for the adsorptive removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Chemical Engineering Journal**, v. 215–216, p. 383–388, 5 jan. 2013. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712014386>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Atrazina e seus metabólitos na água potável Genebra: OMS, 2011. 15 p. Disponível em:
<https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/antrazine.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- OUZZANI, Mourad et al. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic reviews**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2016.
- PATRA. J. M.; PANDA, S. S.; DHAL, N. K. Biochar as a low-cost adsorbent for heavy metal removal: A review. **International Journal of Research in BioSciences**, v. 6, p. 1-7, 2017. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183015995>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- PERES F; MOREIRA J. C (orgs). *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p.
- PESTICIDE ACTION NETWORK (PAN). PAN Pesticide Database. San Francisco: Pesticide Action Network, 2010.
- PICCIRILLO, D. B. V. O impacto do uso do solo na contaminação por agrotóxicos das águas superficiais de abastecimento público – Dissertação de Mestrado, USP, 2017. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-17052017-171544/pt-br.php>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- PINO, G. H.; TOREM, M. L. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA BIODISSORÇÃO DE METAIS NÃO FERROSOS ESTUDO DE CASO. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2011. Disponível em:
<<https://tecnologiammm.com.br/doi/10.4322/tmm.2011.010>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

QUANDT, S. A.; CHEN, H.; GRZYWACZ, J. G.; VALLEJOS, Q. M.; GALVAN, L.; ARCURY, T. A. Cholinesterase Depression and Its Association with Pesticide Exposure across the Agricultural Season among Latino Farm workers in North Carolina.

Environmental Health Perspectives, v. 118, nº 5, p. 635-639, 2010. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2866678/>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

RODRIGUES, A.A.Z. **Eficiência de Processamentos químicos e físicos na remoção de resíduos de agrotóxicos em hortaliças**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agroquímica. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2016. 84f.

ROOS, A. J.; BLAIR, A.; RUSIECKI, A.; HOPPIN, J. A.; SVEC, M.; DOSEMECI, M.;

SANDLER, D. P.; ALAVANJA, M. C. Cancer Incidence among Glyphosate - Exposed Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study. **Environmental Health Perspective**, v.113. n.1, pp.49-54, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15626647/>>.

Acesso em: 14 jun. 2021.

SALMAN, J. M.; NJOKU, V. O.; HAMEED, B. H. Adsorption of pesticides from aqueous solution onto banana stalk activated carbon. **Chemical Engineering Journal**, v. 174, n. 1, p.

41–48, 15 out. 2011. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894711009715>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SATHISHKUMAR, Panneerselvam; MANGALARAJA, Ramalinga Viswanathan;

ANANDAN, Sambandam. Review on the recent improvements in sonochemical and combined sonochemical oxidation processes—A powerful tool for destruction of

environmental contaminants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 55, p. 426-454, 2016.

SCHETTINO JÚNIOR, M. A. Ativação química do carvão de casca de arroz utilizando

NaOH. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós Graduação em Física,

Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2004. Disponível em:

<<https://www.yumpu.com/pt/document/read/13041276/ativacao-quimica-do-carvao-de-casca-de-arroz-cce-ufes>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

SCHULTZ, J.; CAPOBIANCO, G.; PIANARO, S. A. Materiais nanoestruturados de carbono obtidos a partir de biomassa. In: I CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS

GRADUAÇÃO – SUL BRASIL, 1., 2010, Florianópolis. Anais eletrônicos... Florianópolis: I CICPG, 2010. Disponível em:

<http://www.cicpg2010.udesc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=89:i_cicpg&catid=36>. Acesso em: 16 jun. 2021.

SEREDYŃSKA-SOBECKA, B. et al. Biological activation of carbon filters. **Water**

Research, v. 40, n. 2, p. 355–363, 1 jan. 2006. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135405006597>>. Acesso em: 16 jun. 2021. Acesso em: 14 jun. 2021.

SERVAIS, P.; PREVOST, M.; LAURENT, P.; JORET, J.C.; SUMMERS, S.; HAMBSCHE, B.; VENTRESQUE, C. (2005) Biodegradable organic matter in drinking water treatment and distribution. In: PREVOST, M.; LAURENT, P.; SERVAIS, P.; JORET, J.C. (Eds.) *Biodegradable organic matter in drinking water treatment*. Denver, EUA: AWWA Publisher, 2005. p. 61-146.

SHAPIR, N. et al. **Evolution of catabolic pathways: Genomic insights into microbial s-triazine metabolism** *Journal of Bacteriology* *J Bacteriol*, , fev. 2007. Disponível em:

<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17114259/>>. Acesso em: 16 jun. 2021

SIMPSON, D. R. Biofilm processes in biologically active carbon water purification. **Water Research**, v. 42, n. 12, p. 2839-48, 2008. Disponível em:

<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18405938/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

SOARES, W. L. Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura. Tese (doutorado) Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro 2010. Disponível em:

<https://bvssp.icict.fiocruz.br/pdf/25520_tese_wagner_25_03.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SOLOMON, R. D. J.; KUMAR, A.; SATHEEJA SANTHI, V. Atrazine biodegradation efficiency, metabolite detection, and trzD gene expression by enrichment bacterial cultures from agricultural soil. **Journal of Zhejiang University: Science B**, v. 14, n. 12, p. 1162–1172, dez. 2013. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24302716/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

SPALTRO, A. et al. Adsorption and removal of phenoxy acetic herbicides from water by using commercial activated carbons: experimental and computational studies. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 218, p. 84–93, 1 nov. 2018. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169772218302614>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SUMMERS, R.S.; KNAPPE, D.R.U.; SNOEYINK, V.L. Adsorption of organic compounds by activated carbon, 2011. In: EDZWALD, J.K. (Ed.) *Water quality and treatment: a handbook on drinking water*. 6th ed. New York: McGraw-Hill/American Water Works Association, chapter 14.

TEIXEIRA, R. N. P. Remoção de Cu(II), Ni(II), Cd(II) e Pb(II) de efluentes de indústrias de galvanoplastia usando o sistema híbrido adsorção- eletro-flotação-coagulação. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de

- Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2015. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/11567>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- TERRA, F. H. B. A indústria de agrotóxicos no Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico. Defesa: Curitiba, 2008. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/15861>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- VELTEN, S. et al. Development of biomass in a drinking water granular active carbon (GAC) filter. **Water Research**, v. 45, n. 19, p. 6347–6354, 1 dez. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135411005367>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- VOLTAN, P. E. N. et al. Predição da performance de carvão ativado granular para remoção de herbicidas com ensaios em coluna de escala reduzida. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 241–250, 1 abr. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/TxrwXbYskcLTh5L8dCh4fsK/?lang=pt>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- VRYZAS, Z. et al. Spatial and temporal distribution of pesticide residues in surface waters in northeastern Greece. **Water Research**, v. 43, n. 1, p. 1–10, 2009. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18947852/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- WANG, H.; HOB, L.; LEWISA, D.M.; BROOKESB, J.D.; NEWCOMB, G. Discriminating and assessing adsorption and biodegradation removal mechanisms during granular activated carbon filtration of microcystin toxins. *Wat. Res.*, v. 41, p. 4262-4270, 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17604809/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- WESTPHALEN, A. P. C.; CORÇÃO, G.; BENETTI, A. D. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 425-436, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/150214>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- YAN, J.; QUAN, G. Sorption behavior of dimethyl phthalate in biochar-soil composites: Implications for the transport of phthalate esters in long-term biochar amended soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 205, 1 dez. 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32827961/>>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- ZANUNCIO, J.S. et al. MANEJO AGROECOLÓGICO DE PRAGAS: ALTERNATIVAS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL. **Revista Científica Intelletto**. Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil v.3, n.3, p. 18-34, 2018.

3. CAPÍTULO II: ARTIGO DE REVISÃO

O segundo capítulo trata do manuscrito desenvolvido durante a dissertação, obtidos por meio de revisão sistemática.

MANUSCRITO NO FORMATO DA REVISTA:

Environmental Geochemistry and Health (QUALIS: A2, Fator de impacto: 4.609 e CiteScore: 5.6):

<https://www.springer.com/journal/10653>

Normas para autores: <https://www.springer.com/journal/10653/submission-guidelines>

Manuscrito intitulado:

“Uso de biocarvão como adsorvente de agrotóxicos: revisão sistemática e metanálise”

USO DE BIOCÁRVÃO COMO ADSORVENTE DE AGROTÓXICOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE

Márcio Anderson Silva Holanda¹; Jorge Marcell Coelho Menezes² Henrique Douglas Melo Coutinho³; Raimundo Nonato Pereira Teixeira³

¹ Mestrando da Universidade Regional do Cariri -URCA no Departamento de Química Biológica; marcioholandace@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8425-4427>

² Doutorando pelo Departamento de Química Biológica, Universidade Regional do Cariri, CEP 63105-000, Crato, Ceará, Brasil; jorge.menezes@ufca.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-9162-5142>

³ Professor Associado da Departamento de Química Biológica, Universidade Regional do Cariri, CEP 63105-000, Crato, Ceará, Brasil: HDMC: hdmcoutinho@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6634-4207>. RNPT: raimundo.teixeira@urca.br; <https://orcid.org/0000-0002-2931-5087>.

RESUMO

A utilização de agrotóxicos é bastante utilizada na agricultura e serviços afins, mas que pode contaminar água, ar e solo. Esse fato leva necessidade de pensar em estratégias que consigam retirar esses agrotóxicos de modo menos agressivo ao meio ambiente. Nesse contexto, surge o biocarvão produto que possui a capacidade de remover substâncias químicas, que podem ser ativados com diferentes intervenções e que tem mostrado efetividade para adsorção de substâncias tóxicas. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar uso de biocarvão como bioadsorvente de agrotóxicos. Trata-se de uma revisão sistemática com meta-análise e metarregressão conforme as recomendações do protocolo PRISMA. Foram incluídos estudos dos últimos 20 anos, disponíveis pelo menos o resumo considerando estudos preferencialmente experimentais. Foram excluídos estudos qualitativos ou com alto risco de viés, outras revisões e duplicados. As variáveis analisadas foram a presença ou não de fatores que comprovem a efetividade ou não da adsorção de agrotóxicos. Foram excluídos estudos que abordem de forma superficial ou que não tragam positividade ou negatividade em relação ao desfecho. Foram pesquisados nas fontes: Scopus, Web of Science electronic databases, PubMed (of the US National Library of Medicine National Institutes of Health) e ScienceDirect (Elsevier). Os dados foram buscados de forma separada para melhor determinação investigativa. Os descritores utilizados para a busca foi a seguinte: *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*. A análise de dados geral ocorreu com o uso do software R 4.0. Foi usado o modelo DerSimonian-Laird com efeito randômico e análise de proporção com intervalo de 95% e significância de 0,05. Inicialmente foram encontradas 2431 referências das quais selecionou-se 14 para compor a revisão metanálise. O manejo de substâncias com o biocarvão é eficaz para remover impurezas, ainda incluindo características como baixo custo. Há uma carência considerável de estudos quando se trata do tema de adsorção de agrotóxicos com uso de biocarvão. Os estudos abordam uma perspectiva bastante heterogênea sobre o assunto abordando diferentes contextos.

Palavras-chave: Carvão ativado. Agrotóxicos. Adsorção.

ABSTRACT

The use of pesticides is widely used in agriculture and related services, but they can contaminate water, air and soil. This fact leads to the need to think about strategies that can remove these pesticides in a less aggressive way to the environment. In this context, the product biochar emerges that has a capacity for removable substances, which can be activated with different actions and that is effective for adsorption of toxic substances. Therefore, the aim of the study was to evaluate the use of biochar as a bioadsorbent for pesticides. This is a systematic review with meta-analysis and meta-regression as recommended by the PRISMA protocol. Studies from the last 20 years were included, with at least the abstract available considering preferentially experimental studies. Qualitative studies or studies with high risk of bias, other reviews and duplicates were excluded. The variables analyzed were the presence or absence of factors that prove the effectiveness or not of pesticide adsorption. Studies that approached it superficially or that did not bring positivity or negativity in relation to the outcome were excluded. We searched from sources: Scopus, Web of Science electronic databases, PubMed (US National Library of Medicine, National Institutes of Health), and ScienceDirect (Elsevier). Data were searched separately for better investigative determination. The descriptors used for a search are as follows: *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*. A general data analysis carried out using the R 4.0 software. The DerSimonian-Laird model was used with random effect and proportion analysis with a 95% interval and a significance level of 0.05. Initially, 2431 references were found, from which 14 were selected to compose the meta-analysis review. The handling of substances with biochar is effective to remove impurities, even including characteristics such as low cost. There is a lack of studies when it comes to the issue of adsorption of pesticides using biochar. The studies approach a very heterogeneous perspective on the subject, approaching different contexts.

Keywords: Activated carbon. Pesticides. Adsorption.

INTRODUÇÃO

A aplicação de agrotóxicos na agricultura foi disseminada em todo o mundo, em especial, após a Segunda Guerra Mundial (Terra, 2008), e vem provocando impactos sociais, ambientais e na saúde. Dessa forma, se fazem necessárias estratégias para minimizar as consequências destes, sendo necessário mais pesquisas nas áreas de química ambiental, essencial no desenvolvimento de tecnologias que auxiliem neste processo.

Rachel Carson (1962) em seu livro “Primavera Silenciosa” denunciou os problemas ambientais decorrentes de pesticidas em menos de duas décadas desde o início da sua utilização, mostrando que a distribuição foi tão intensiva pelo mundo que estes aparecem, virtualmente, por toda parte. Sendo encontrados e retirados dos maiores sistemas fluviais, até mesmo em água corrente e, de forma discreta, por vias subterrâneas.

Segundo Soares (2010) o II Plano Nacional de Desenvolvimento, em 1975, consolidou a indústria de agrotóxicos através do Programa Nacional dos Defensivos Agrícolas (PNDA) no Brasil. Os dados disponíveis no Relatório de Comercialização de Agrotóxicos do IBAMA (2019) mostram que, no ano de 2018 o consumo de agrotóxicos e afins foi superior a 500.000 toneladas, sendo o maior índice desde o início da contabilização no ano 2000.

Segundo Fernandes e colaboradores (2009) retratam as diferentes formas de exposição. A contaminação direta pode ser caracterizada pela intoxicação aguda e crônica e é mais frequente em trabalhadores do setor rural. Estes estudos têm mostrado que problemas no fígado e no sistema nervoso central; problemas nos sistemas cardiovascular e reprodutivo, com evidências de alteração endócrina; problemas nos olhos, rins, e aumento no risco de câncer, estão entre os efeitos mais comuns. As exposições que ocorrem através do solo, do ar (via pulverização) e principalmente através do consumo de alimentos e água contaminados são consideradas vias indiretas (Piccirillo, 2017).

Além do consumo dos alimentos contaminados, a população pode ter contato com essas substâncias através do consumo de água, pois de acordo com a ANVISA (2010) a segunda causa de contaminação das águas superficiais no Brasil, atrás do lançamento de esgoto doméstico é a ocorrência de agrotóxicos e fertilizantes. A contaminação das águas superficiais e subterrâneas tende a ser um dos mais preocupantes de todos os impactos que a utilização dos agrotóxicos provoca no meio ambiente, e conseqüentemente na saúde humana, devido sua capacidade de transportar essas substâncias para além das áreas de aplicação e atingir um número maior de pessoas através do abastecimento público de água, como também por suprimir espécies aquáticas e degradar os recursos hídricos (Peres; Moreira, 2003).

A necessidade de tecnologias mais complexas, do que aquelas usadas normalmente para a potabilização, traz dificuldades para o tratamento da água de mananciais onde são evidenciadas a presença de agrotóxicos (Quandt et al., 2010; Fernandes Neto; Sarcinelli, 2009; Calvert et al., 2008; Roos et al., 2005; Kamel et al., 2004). Dentre estas técnicas as mais utilizadas, são: adição de polímeros, pré-oxidação, inter-oxidação, adsorção em carvão ativado pulverizado e carvão ativado granular. Este último foi utilizado em muitos sistemas de tratamento de água na Inglaterra e tem sido efetivo na redução de agrotóxicos como *acetanilida*, *triazina* e 2,4-diclorofenoxiacético (2,4D) (Gorza, 2012).

Com a finalidade de minimizar os impactos ambientais e a saúde, torna-se importante a busca por alternativas tecnológicas viáveis para o tratamento deste tipo de afluente.

Diante disto, destaca-se a técnica de biossorção, que se trata da aplicação do processo de adsorção de substâncias presentes em um fluido (adsorvato) à uma matriz sólida (adsorvente), porém, essa se restringe a utilizar matrizes biológicas como adsorventes, em que se enquadram no grupo de materiais porosos e do ponto de vista financeiro apresentam baixo custo. Assim, a técnica pode ser definida como processo em que envolve a

concentração ou acumulação de íons ou moléculas sobre uma superfície adsorvente biológica, podendo ser composta por microrganismos, vegetais macroscópicos ou mesmo por biomassa morta como partes de tecidos específicos de vegetais, fibras naturais, plantas, algodão, dentre outras (Morin-Crini et al., 2019; pino; Torem, 2011; BARROS et al., 2006).

Há estudos favoráveis e desfavoráveis sobre o uso do biocarvão. Esse fato traz a necessidade de realizar uma revisão de literatura sobre o assunto.

Considerando aspectos metodológicos, existem alguns tipos de revisões como a revisão narrativa (uma revisão mais geral, sem critérios específicos), a revisão integrativa (inclui critérios estabelecidos para selecionar os estudos, mas geralmente qualitativa) e a revisão sistemática (o estudo que gera maior evidência científica) (GIL, 2019).

Esse estudo tem como objetivo avaliar o uso de biocarvão como adsorvente de agrotóxicos a partir do uso de uma revisão sistemática e metanálise.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática com metanálise conforme as recomendações do protocolo PRISMA. A revisão sistemática é uma revisão de literatura que considera estudos primários sobre o assunto. A metanálise inclui a estatística para provar se existe ou não uma relação significativa entre os pontos analisados que para este caso é o biocarvão e adsorção de agrotóxicos (Moher; Liberati; Tetzlaff, 2009).

A pergunta de pesquisa foi delineada de acordo com o acrônimo PICO sendo a seguinte: há efetividade do uso de biocarvão para adsorção de agrotóxicos? P (problema de pesquisa) –Agrotóxicos, I (intervenção) – Biocarvão, C (controle) – Comparação a ausência ou perspectivas clássicas / usuais e O (desfecho) – Adsorção de pesticidas.

O estudo foi realizado com a busca dos estudos em fontes relacionadas com a temática as quais foram Scopus, Web of Science electronic databases, PubMed (of the US National Library of Medicine National Institutes of Health) e ScienceDirect (Elsevier). Foram incluídos estudos dos últimos 20 anos, disponíveis pelo menos o resumo considerando estudos preferencialmente experimentais. Foram excluídos estudos qualitativos ou com alto risco de viés (com avaliação manual de acordo com a escala Downs e Black (1998), outras revisões e duplicados.

Os dados foram buscados de forma separada com a estratégia abaixo para melhor determinação investigativa. Os descritores utilizados para a busca foram *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*. Para cada artigo selecionado realizou-se uma leitura na íntegra de títulos e resumos e posteriormente do estudo completo para avaliação de elegibilidade.

Cada estudo passou por uma avaliação individual de risco de viés para determinação de qualidade metodológica e consequente inclusão ou exclusão do estudo. As variáveis analisadas foram a presença ou não de fatores (nível de adsorção do agrotóxico) que comprovem a efetividade ou não da adsorção de agrotóxicos. Foram excluídos estudos que abordem de forma superficial ou que não tragam positividade ou negatividade em relação ao desfecho.

Dois revisores trabalharam de maneira independente para determinação do risco de viés e foi calculado com instrumento Downs e Black (1998). Esse instrumento avalia o viés (erro) individual de cada estudo. Pontuações menores do que 15 eram excluídos da revisão por conter alto risco de viés e causar possíveis erros de interpretação. Analisou-se o viés segundo algumas perspectivas como: amostra, resultados, delineamento de coleta de dados entre outros. O viés considera em qual contexto o estudo foi realizado assim como todo o percurso metodológico desenvolvido na pesquisa.

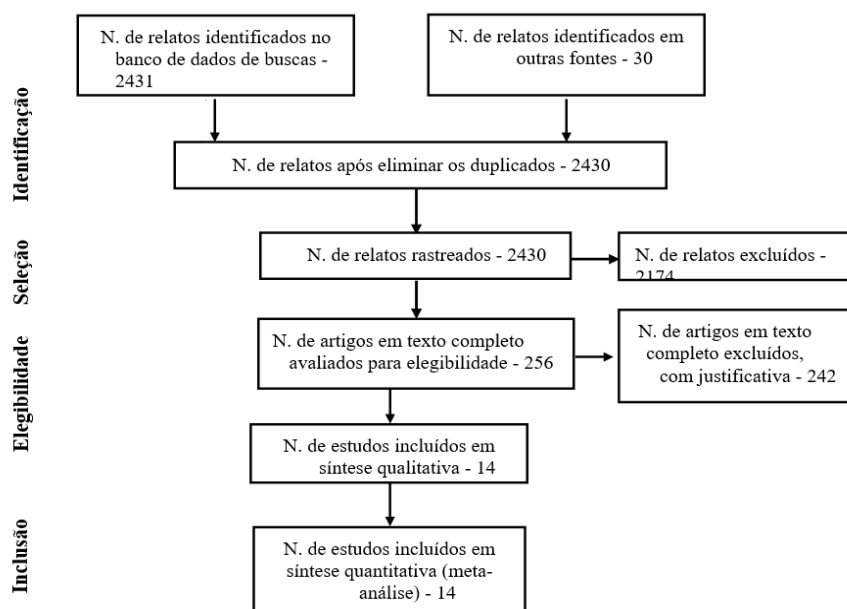
Na discordância de um possível fator em um determinado artigo, um terceiro revisor poderia ter sido incluso para determinação de pontuação e dessa maneira determinar o nível de viés e, consequentemente, a inclusão do estudo ou não na presente pesquisa de revisão. Todos os efeitos foram analisados segundo a perspectiva dicotômica ou contínua segundo as características dos estudos selecionados e, dessa maneira, calculou-se a metanálise de proporção com o uso de intervalo de confiança de 95% com auxílio do pacote estatístico do software denominado R 4.3 (Kaura, 2016).

A análise conjunta de viés foi determinada com uso do sistema GRADE (BRASIL, 2014). Pelo método de análise de sensibilidade foram excluídos estudos com alto risco de viés além de determinar o risco de viés de publicação com o funnel plot. Além disso, foi realizada a exclusão de outliers e análise de subgrupos.

RESULTADOS

Inicialmente, foram encontradas 2431 referências. Um número considerável, mas que quando considerado ou filtros nas bases por ano de publicação, temática e relação com a discussão. Após a aplicação dos filtros, selecionou-se 14 para compor a revisão sistemática e metanálise. A figura 1 resume o processo de seleção.

Figura 1: Processo de seleção dos estudos.



Um resumo sobre as principais informações referentes aos estudos selecionados foi descrito adiante. O quadro 1 resume as principais características de cada estudo.

Quadro 1: Características dos estudos selecionados.

Autor e ano	Objetivo	Método	Principais resultados	Desfechos	Avaliação de viés
(LI et al., 2020)	Analisar composto de carvão ativado por zeólita a partir de ganga de carvão com desempenho de adsorção aprimorado	Experimental / analítico	O estudo mecanístico do carvão ativado por zeólita indica que os microporos uniformes na zeólita são adequados para a adsorção de íons	O produto de alto valor agregado preparado a partir da ganga de carvão é uma boa alternativa para o tratamento de	22

			de metais pesados e a estrutura porosa multinível do carvão ativado pode acomodar orgânicos macromoleculares.	águas residuais industriais.	
(SPALTRO et al., 2018)	Testar dois carvões ativados comerciais, GAB e CBP, como materiais eficientes e econômicos para a remoção de dois herbicidas da classe fenoxiacética, ácido 4-cloro-2-metil fenoxiacético e ácido 2,4-diclorofenoxiacético (MCPA e 2,4-D) de solução aquosa.	Experimental	O aumento da força iônica favoreceu a remoção de ambos os pesticidas, indicando que as interações eletrostáticas entre o poluente e a superfície adsorvida estão governando o mecanismo de adsorção, mas o aumento dos valores de pH diminuiu a capacidade de adsorção.	Os resultados sugerem que as propriedades microporosas do carvão ativado GAB aumentam a capacidade de adsorção, em comparação ao carvão CBP.	23
(BELHAMDI et al., 2019)	Examinar a eficácia de um material de baixo custo como adsorvente na remoção do aminoácido l-triptofano livre de soluções aquosas.	Experimental	Os parâmetros termodinâmicos sugeriram que a adsorção de l-triptofano é espontânea e exotérmica com um processo de fisissorção. Após quatro ciclos, a eficiência de regeneração do adsorvente preparado a partir de poços de tâmara e ativado com H_3PO_4 (DPH) usado foi de cerca de 59,9%.	O pH inicial tem maior efeito na remoção do aminoácido l-triptofano livre.	24
(HASHEMIAN; SALARI; YAZDI, 2014)	Analisar adsorção de 2-pic de solução aquosa com uso de carvão ativado	Experimental	Os resultados mostraram que o modelo de isoterma de Langmuir se ajusta melhor aos dados de adsorção razoavelmente do que o modelo de Freundlich ($R^2 > 97$). A capacidade máxima de adsorção da equação de Langmuir foi $166,7 \text{ mg g}^{-1}$ e	O carvão ativado de adsorventes de cascas de amêndoas residenciais agrícolas e cascas de laranja foram preparadas com sucesso pelo método físico. A presente investigação mostra que cascas de	25

			288,57 mg g ⁻¹ para cascas de laranja e cascas de amêndoas residenciais agrícolas, respectivamente.	amêndoas residenciais agrícolas e cascas de laranja possuem um adsorvente de baixo custo capaz.	
(SALMAN; NJOKU; HAMEED, 2011)	Analisar a Adsorção de pesticidas de solução aquosa em carvão ativado de caule de banana	Experimental	Maior capacidade de adsorção observada para 2,4-D do que bentazon foi atribuída à presença de grupos -Cl retiradores de elétrons no anel aromático e menor tamanho molecular de 2,4-D. Os parâmetros termodinâmicos, ΔG° , ΔH° e ΔS° determinados, mostraram que a adsorção de 2,4-D e bentazon no carvão ativado com haste de banana era viável, espontânea e exotérmica.	Os resultados mostraram que o carvão ativado com haste de banana é um adsorvente eficiente para a remoção adsorção de 2,4-D e bentazon de soluções aquosas.	20
(LATAYE; MISHRA; MALL, 2009)	Analisar o Adsorção de α -picolina em cinza de casca de arroz e carvão ativado granular de solução aquosa	Experimental	O estudo termodinâmico revelou que a adsorção de α -picolina (Pi) em cinza de casca de arroz e carvão ativado granular é um processo endotérmico. Verificou-se que o calor isostérico de adsorção diminuía com o aumento da carga de superfície. A água ácida e os ácidos diluídos apresentaram maior eficiência de dessorção para Pi do cinza de casca de arroz e carvão ativado granular.	O carvão ativado granular pode ser regenerado usando água e ácidos. No entanto, o cinza de casca de arroz pode ser descartado usando-o como combustível em fornos para recuperar seu valor energético.	21
(AKSU; KABASAKAL, 2004)	Identificar a adsorção em lote de ácido 2,4-diclorofenoxiacético	Experimental	Verificou-se que tanto a camada limite quanto a difusão	A taxa do processo de adsorção e o comportamento	22

	(2,4-D) a partir de solução aquosa por carvão ativado granular		intrapartícula desempenharam papéis importantes nos mecanismos de adsorção do 2,4-D, e a cinética de adsorção seguiu um modelo cinético de pseudo primeira ordem ao invés de modelos cinéticos de pseudo segunda ordem e tipo de saturação para todas as temperaturas estudadas.	dinâmico do sistema são fatores muito importantes para o projeto do processo e controle da operação. A taxa de difusão pode ser válida em muitas situações realistas.	
(NJOKU; FOO; HAMEED, 2013)	Explorar a viabilidade da casca de semente de abóbora como um potencial precursor bruto para a preparação de carvão ativado mesoporoso por ativação de KOH induzida por microondas	Experimental	Os resultados indicaram alto percentual de remoção, com a remoção adsorviva de 98,28%, 97,57%, 96,03%, 93,40%, 78,11% e 65,07% na concentração inicial 50, 100, 150, 200, 300 e 400 mg / L, respectivamente.	O melhor ajuste foi obtido com o modelo isotérmico de Temkin, prevendo uma distribuição uniforme da energia de ligação sobre os sítios de ligação de superfície heterogênea. A capacidade máxima de adsorção em monocamada de 2,4-D para carvão ativado de casca de semente de abóbora foi identificada como 260,79 mg / g.	22
(YAN; QUAN, 2020)	Identificar comportamento de sorção do dimetil ftalato em compostos de biochar-solo	Experimental	A dessorção de ftalato de dimetila absorvido apareceu com características não lineares óbvias e efeito de atraso, o índice de histerese calculado (HI) aumentou com a aplicação de biochar no solo.	Considerando o fenômeno do envelhecimento do biochar e da complexação do solo, é importante verificar como o transporte e a atenuação natural do contaminante serão influenciados pela adição do biochar, especialmente o efeito de longo prazo no	21

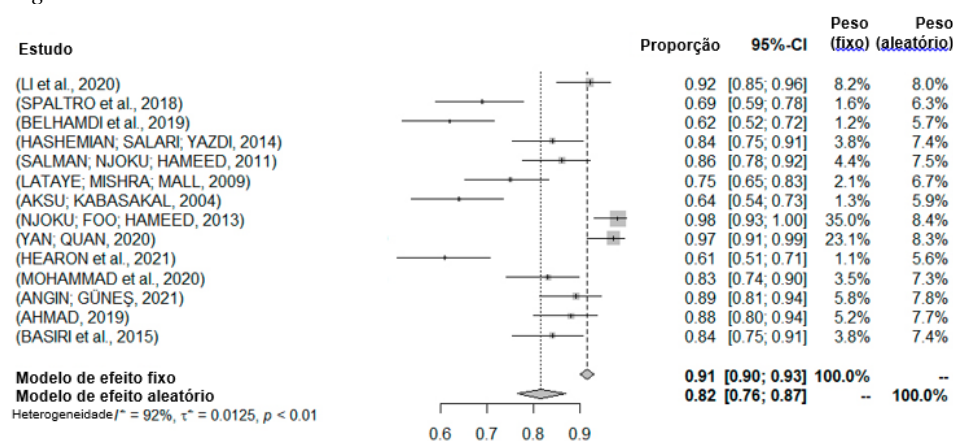
				ecossistema do solo.	
(HEARON et al., 2021)	Investigar a eficácia de ligação de carvão ativado (AC) e argila montmorilonita de cálcio (CM) para diminuir a biodisponibilidade de ácido aminometilfosfônico (AMPA) do solo e a translocação de AMPA para as plantas.	Ensaio	Os resultados em milho geneticamente modificado (GM) mostraram uma conversão de glifosato em AMPA nas raízes e brotos ao longo de uma exposição de 10 dias.	A inclusão de AC e CM reduziu os resíduos de AMPA em raízes e brotos em 47% -61%	20
(MOHAMMAD et al., 2020)	Analisar o carvão ativado poroso obtido a partir de resíduos agrícolas lignocelulósicos para a remoção de pesticidas acetamipirídicos de soluções aquosas	Experimental	Os resultados do estudo apresentado mostram que o carvão ativado de casca de tangerina pode ser usado como um adsorvente ecologicamente correto, de baixo custo e altamente eficiente para a remoção de pesticidas acetamiprid de soluções aquosas. a adsorção foi exotérmica e de natureza espontânea.	O potencial de regeneração do carvão ativado de casca de tangerina foi investigado e regenerado com sucesso e reutilizado por três ciclos indicando que carvão ativado de casca de tangerina pode ser um bom carvão ativado para a remoção do pesticida acetamiprida de meios aquosos.	19
(ANGIN; GÜNEŞ, 2021)	Analisar o uso de carvão ativado de polpa de laranja na adsorção de ácido 2,4-diclorofenoxiacético de soluções aquosas	Experimental	Os dados experimentais indicaram que as isotermas de adsorção foram bem descritas pela equação da isoterma de equilíbrio de Langmuir e a capacidade de adsorção calculada foi de 71,94 mg g ⁻¹ a 298 K.	Os parâmetros termodinâmicos indicaram uma adsorção viável, espontânea e exotérmica. Esses resultados mostram que o preparado o carvão ativado tem bom potencial para a remoção de 2,4-D de soluções aquosas.	22
(AHMAD, 2019)	Realizar a remoção assistida por carvão ativado de Arachis hypogaea de herbicida 1- (4,6-dimetoxipirimidin-2-il) -3- (3-etilsulfonilpiridin-2-	Ensaio clínico	O rimsulfuron adsorvido foi corrigido por meio de cascas de amendoim (Arachis hypogaea) com carvão ativado em	Porcentagens de remoção louváveis mostram o grande potencial do carvão ativado de cascas de	23

	il) sulfonilureia em solos adsorvidos na agricultura		um método de baixo custo por meio da ativação ácida.	amendoim para um modo eficaz, barato e ecológico de proteção de solos da contaminação causada por pesticidas.	
(BASIRI et al., 2015)	Investigar a sorção de anilina usando resíduos de Aloe Veraativado carbono (AV-AC) da água.	Experimental	Os resultados ilustraram que o pH e o tempo de contato ótimos para a remoção da anilina por AV-AC foram obtidos em 3 e 60 min, respectivamente. A diminuição do pH teve uma influência significativa no aumento da anilina.adsorção.	Devido ao baixo custo, ecologicamente correto, não tóxico e alta capacidade de sorção, este sorvente pode ser usado como uma opção muito eficaz para a remoção da anilina do meio aquoso.	18

Fonte: estudos selecionados

Diante dos artigos selecionados, realizou-se a metanálise dos dados para determinar efetividade de acordo com os estudos selecionados e está representado na figura 2. Na figura 3 é apresentado o viés de publicação dos dados.

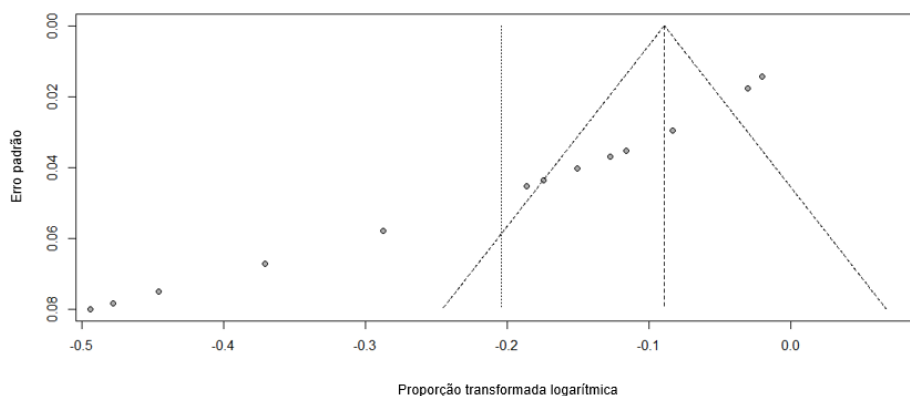
Figura 2: Metanálise dos estudos.



Fonte: O autor com uso do software R

Na figura 2, cada estudo é representado por uma linha (intervalo de confiança) e um quadrado. Para cada estudo (de acordo com as informações coletadas em cada pesquisa) é realizado uma estimacão de proporção. A análise conjunta dos dados permite verificar com uso do modelo aleatório (pois os estudos avaliam diferentes contextos) que há uma proporção de efetividade da intervenção de 82% com intervalo de 95% de 76% a 87% o qual é representado pelo losango da metanálise que é o resultado final da análise estatística. Para uma melhor verificação da veracidade dos dados, uma análise de viés de publicação que identifica possíveis tendências de resultados foi importante ser realizado como ilustrado na figura 3.

Figura 3: Análise de viés de publicação.



Fonte: O autor com uso do software R

A figura 3 mostra o viés de publicação. Cada ponto no gráfico representa um estudo. O erro padrão está relacionado com o tamanho da amostra e o log a escala de proporção de efetividade da intervenção. Para esse tipo de gráfico espera-se que seja simétrico, que é o caso. Caso os pontos se concentrem em um determinado local do gráfico, isso representa uma análise com viés, o que não ocorreu. Para análise de viés entre os estudos realizou-se a avaliação com uso do sistema GRADE na tabela 1. O sistema GRADE propõe realizar uma análise de viés (erro) entre os estudos. O sistema GRADE avalia uma certeza (Certainty) de até 100% com avaliação proporcional de até quatro pontos a qual para este caso é avaliado em 50% (dois pontos).

Tabela 1: Avaliação de viés entre os estudos – GRADE.

Pergunta: Biocarvão comparado a Comparação para Adsorção de agrotóxicos

Avaliação de certeza							Número de casos		Efeito		Certeza	Importância
Número dos estudos	Descrição do estudo	Risco de vieses	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	Biocarvão	Comparação	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
Adsorção de agrotóxicos												
14	estudo observacional	não grave	não grave	não grave	não grave	nenhum	82/100 (82.0%)	0.0%	não estimado		⊕⊕ ○ ○ BAIXA	CRÍTICO

CI: Confidence interval

A metanálise mostrou uma proporção de 0,82 com intervalo de confiança de (0,76 – 0,87) e p-valor < 0,05 o que mostra uma considerável proporção do efeito do biocarvão para adsorção de agrotóxicos. O resultado do viés de publicação não detectou o erro, o que pode ser verificado com o gráfico de *funnel plot* e uma maior assimetria de dados. A análise do resultado de viés conjunto entre os estudos demonstra a não presença de viés entre os estudos, mas a deficiência de resultados de estatísticas inferenciais nos estudos, limita um pouco da extensão do processo de decisão.

DISCUSSÃO

Fundamentado nas 14 referências selecionadas, tem-se que o resultado final da metanálise demonstrou o efeito de 82% em relação a efetividade do biocarvão para adsorção de agrotóxicos. Com a análise de viés negativa

para erros nos estudos selecionados, essa informação pode ser generalizada de uma forma geral.

Nos estudos selecionado, há relatos gerais sobre o uso do biocarvão tanto no contexto de plantas e solo, quanto em relação a meios aquosos. No estudo de Li et al. (2020) foi verificado que o biocarvão ativado por zeólita consegue adsorver metais pesados de forma considerável quando se trata de tratamento de águas residuais industriais. Belhamdi et al. (2019) também analisou a intervenção em meio aquoso só que para a adsorção de triptofano com uma efetividade de aproximadamente 60% o que diferiu do outro autor principalmente na metanálise com um efeito em torno de 90%.

Considerando os resultados do estudo de Lataye, Mishra e Mall (2009) já há uma mudança do contexto em que é analisado a α -picolina em cinza de casca de arroz em que a detecção de que a termodinâmica tem influência considerável sobre esse processo. Belhamdi et al. (2019) também considerou esse aspecto ao relatar espontânea e exotérmica com um processo de fisissorção.

Quando se trata de soluções aquosas, o método de avaliação utilizado por Hashemian, Salari e Yazdi (2014) foi diferente. Foi considerado nesse estudo que o modelo de isoterma de Langmuir se ajusta melhor aos dados de adsorção que é uma perspectiva eficaz e geral sobre um possível modelo que consiga explicar como ocorre o processo adsorptivo nesse caso. Estudo com abordagem semelhante é realizado por Angin e Güneş (2021) em que os dados experimentais indicaram que as isotermas de adsorção foram bem descritas pela equação da isoterma de equilíbrio de Langmuir e a capacidade de adsorção.

Em outra abordagem em solução aquosa foi relatada por Aksu e Kabasakal (2004) em que obteve como resultado que tanto a camada limite quanto a difusão intrapartícula desempenharam papéis importantes nos mecanismos de adsorção. Para esse artigo foi considerado o 2,4-D. Diferente do autor anteriormente citado, esse estudo considera a equação de Arrhenius utilizando os coeficientes de equilíbrio termodinâmico obtidos em diferentes temperaturas (Njoku; Foo; Hameed, 2013).

Basiri et al. (2015) também verificou que o uso do biocarvão foi eficaz para remover anilina em meio aquoso, inclusive por demonstrar vantagens muito importantes, como baixo custo, ser ecologicamente correto. Nessa descrição há uma menção importante do quanto o pH (diminuição) e o tempo (em média 60 minutos) de contato com a substância são importantes para verificar as propriedades desejadas.

Em outros contextos já há uma exploração maior quando se trata de agrotóxicos em plantios. Spaltro et al. (2018) realizou o teste considerando pesticidas e obteve como resultado que algumas propriedades como aumento da força iônica e interações eletrostáticas estão entre algumas das principais propriedades que permitem que aconteça algum mecanismo de adsorção de poluentes. Spaltro et al. (2018) corrobora com Basiri et al. (2015) ao afirmar que o aumento dos valores de pH diminui a capacidade de adsorção, apesar de terem desenvolvido os estudos em contextos diferentes.

Nesse sentido de análise de pesticidas em plantações, Salman, Njoku e Hameed, (2011) analisam o biocarvão para adsorção em caule de banana. Assim como estudos anteriores, a abordagem explicativa sobre a propriedade de adsorção foi pautada seguindo uma análise termodinâmica, mas considerando também como uma alternativa eficaz para soluções aquosas.

Quando se trata desses agrotóxicos a nível de solo, Yan e Quan (2020) verificaram no estudo que fatores como o transporte e a atenuação do contaminantes são fatores que irão influenciar de forma considerável como um biocarvão poderá realizar a atividade adsorptiva, além de influenciar de forma importante no próprio ecossistema local. Para esse estudo foi analisado o composto do dimetil ftalato em compostos de biochar-solo.

Nessa análise de solo, Hearon et al. (2021) também analisa a mesma perspectiva no intuito de diminuir a biodisponibilidade de AMPA do solo e a translocação de AMPA para as plantas. No estudo verificou-se uma

eficácia de no mínimo 47% o que já é bastante considerável quando se trata de plantios.

Estudos demonstram que as colunas de carvão ativado granular removem as partículas de matéria orgânica mesmo que sua capacidade de adsorção esteja esgotada (Velten et al., 2011). No início, a matéria orgânica é removida ocorre através da adsorção e, após isso, há a combinação da adsorção com a biodegradação sendo que este último é mais predominante na finalização do processo (Dussert; Van Stone, 1994). A atividade biológica dos filtros de carvão ativado granular é mais eficaz quando se compara com a medida em areia e antracito visto que atenua melhor as variações das concentrações do afluente ao filtro (Summers et al., 2011).

Os estudos tiveram em sua quase totalidade como delineamentos experimentais o que foi de grande valia para a determinação tanto de modelos de análise que foram considerados em cada situação e uma junção de todos os resultados obtendo um resultado fidedigno na metanálise.

Em relação a análise de viés, com uso da ferramenta Downs e Black o estudo que obteve menor pontuação foi o de Basiri et al. (2015) especialmente por não descrever de maneira clara a forma como os dados foram analisados de forma objetiva. O estudo com maior pontuação foi o de Hashemian, Salari e Yazdi (2014) por ter uma descrição completa e detalhada dos itens descritos. Nenhum estudo obteve pontuação menor do que 15 e não foi excluído da análise.

Ainda nesse mesmo sentido, o viés de publicação não mostrou que considerando os 14 estudos selecionados eles não demonstraram uma tendência (viés) para resultados negativos ou positivos, havendo uma boa distribuição das informações e dados referentes a adsorção dos agrotóxicos usando o carvão ativado. O sistema GRADE revelou uma considerável importância em relação aos resultados da pesquisa, resultado esse que é analisado de forma objetiva pela plataforma.

De acordo com a análise estatística e análise realizada dos estudos foi possível observar que existe uma efetividade significativa quando se trata de uso do biocarvão e a adsorção dos agrotóxicos. Isso demonstra de uma maneira conjunta a efetividade da intervenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biocarvão ativado com uso de diversas composições mostrou-se efetivo de forma conjunta para adsorção de agrotóxicos. Alguns limitadores importantes estão relacionados com o processo de verificação dessas análises em diferentes contextos ou para diferentes tipos de agrotóxicos.

A metanálise foi uma ferramenta importante para concluir que o biocarvão é eficaz para a redução de partículas de agrotóxicos e/ou poluentes em diversos contextos o que vai ao encontro do objetivo proposto no estudo. A partir da estratificação dos estudos inicialmente encontrou-se em um total de 2431 artigos obtendo um delineamento para 14 estudos em que houve uma considerável estratificação de informações pertinentes ao tema.

O uso da análise estatística foi essencial para o fato, pois é relativamente robusto realizar afirmações acerca de efetividade de alguma intervenção de uma maneira subjetiva e com a metanálise e análise de viés, pode-se afirmar que as informações extraídas, sintetizadas e relatadas são seguras no intuito de desvendar possíveis agravantes de erros que podem ocorrer para esse tipo de pesquisa. Esse fato incita a necessidade de mais estudos com uso do método de revisão sistemática e metanálise de forma a sintetizar os dados já existentes e um maior processo de decisão.

A revisão de literatura mostrou que existe um processo de efetividade acima de 80% para essa intervenção mesmo considerando experimentos e contextos diferentes. Analisando pelos valores de viés não detectado nos estudos incluídos, pode-se considerar que os resultados são efetivos.

Contribuição dos Autores: Formulação, Márcio Anderson Silva Holanda; Raimundo Nonato Pereira Teixeira; preparação de rascunho original de escrita Márcio Anderson Silva Holanda; redação-revisão e edição, Márcio Anderson Silva Holanda; Jorge Marcell Coelho Menezes; Henrique Douglas Melo Coutinho; Raimundo Nonato Pereira Teixeira; visualização, Márcio Anderson Silva Holanda; Raimundo Nonato Pereira Teixeira; supervisão, Jorge Marcell Coelho Menezes; Henrique Douglas Melo Coutinho; Raimundo Nonato Pereira Teixeira. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (Funcap), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

Agradecimentos: Os autores reconhecem o apoio financeiro das agências brasileiras CNPq, CAPES e Funcap, e Universidade Regional do Cariri (URCA).

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, K. S. Arachis hypogaea activated carbon-assisted removal of 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-ethylsulfonylpyridin-2-yl)sulfonylurea herbicide in agriculturally adsorbed soils. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 16, n. 10, p. 6247–6258, 1 out. 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-2016-0>>.
- AKSU, Z.; KABASAKAL, E. Batch adsorption of 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon. *Separation and Purification Technology*, v. 35, n. 3, p. 223–240, 1 mar. 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586603001448>>.
- ANGIN, D.; GÜNEŞ, S. The usage of orange pulp activated carbon in the adsorption of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid from aqueous solutions. *International Journal of Phytoremediation*, v. 23, n. 4, p. 436–444, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2020.1825325?journalCode=bijp20>>.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Relatório de Atividades 2010/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/gestao/relatorios-de-atividades/relatorio-de-atividades-2010.pdf>>.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Registros e Autorizações de Agrotóxicos - Monografias Autorizadas*. Acesso em: 06 de novembro de 2019. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>>.
- BARROS, A. J. M. et al. *ESTUDO TERMOGRAVIMÉTRICO DO PROCESSO DE SORÇÃO DE METAIS PESADOS POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS*. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 11, p. 184–190, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/FFHfSLvw7M5QfDgcQsHNMcC/?lang=pt>>.
- BASIRI, H. et al. Removal of aniline as a health-toxic substance from polluted water by aloe vera waste-based activated carbon. *Der Pharma Chemica*, v. 7, n. 11, p. 149-155, 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/143841202.pdf>>.
- BELHAMDI, B. et al. The removal and adsorption mechanisms of free amino acid l-tryptophan from aqueous solution by biomass-based activated carbon by H₃PO₄ activation: Regeneration study. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 114, p. 102791, 1 dez. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706519301494>>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Informações técnicas sobre agrotóxicos*. Registros concedidos de 2005 a 2019. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas: Sistema GRADE – Manual de graduação da qualidade da evidência e força de recomendação para tomada de decisão em saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_sistema_grade.pdf>.
- CALVERT, G. M.; KARNIK, J.; MEHLER, L.; BECKMAN, J.; MORRISSEY, B.; SIEVERT J; BARRETT R; LACKOVIC M; MABEE L; SCHWARTZ A; MITCHELL Y; MORAGAMCHALEY S. Acute Pesticide Poisoning Among Agricultural Workers in the United States, 1998–2005. *American Journal Of Industrial Medicine* 51:883–898, California, 2008. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18666136/>>.

- CARSON, R. Primavera Silenciosa. Traduzido por Claudia Sant'Anna Martins – 1. ed. – São Paulo: Gaia, 2010.
- DOWNS, S. H.; BLACK, N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomized and non-randomised studies of health care interventions source. *J Epidemiol Community Health*, v. 52, n. 6, p. 377-384, 1998. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9764259/>>.
- DUSSERT, B., VAN STONE, G. The biological active carbon process for water purification. *Water Engineering & Management*, v. 141, n. 12, p. 22-24, 1994.
- FERNANDES NETO, M. L.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira – Engenharia Sanitária e Ambiental v 14 pp. 69-78, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/YxJ97Sgv3VZNYNLx7nRb6dw/abstract/?lang=pt>>.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social – 7. ed. – São Paulo: Atlas, 2019.
- GORZA, N. L. *Remoção de agrotóxicos em instalação piloto de tratamento de águas de abastecimento do tipo convencional, associado à pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufes.br/handle/10/6127>>.
- HASHEMIAN, S.; SALARI, K.; YAZDI, Z. A. Preparation of activated carbon from agricultural wastes (almond shell and orange peel) for adsorption of 2-pic from aqueous solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 20, n. 4, p. 1892–1900, 25 jul. 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X13004292>>.
- HEARON, S. E. et al. Decreased bioavailability of aminomethylphosphonic acid (AMPA) in genetically modified corn with activated carbon or calcium montmorillonite clay inclusion in soil. *Journal of Environmental Sciences (China)*, v. 100, p. 131–143, 1 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074220302850>>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Relatórios de comercialização de agrotóxicos Registros concedidos de 2000 a 2019. Brasília: IBAMA, 2019. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#>>.
- KAMEL F; HOPPIN JÁ. Association of Pesticide Exposure with Neurologic Dysfunction a disease. *Environmental Health Perspectives*, v.112, n.9, p. 950-958, 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1247187/>>.
- KAURA, A. Medicina baseada em evidências: leitura e e redação de textos clinicos – 1. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- LATAYE, D. H.; MISHRA, I. M.; MALL, I. D. Adsorption of α -picoline onto rice husk ash and granular activated carbon from aqueous solution: Equilibrium and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, v. 147, n. 2–3, p. 139–149, 15 abr. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894708003847>>.
- LI, H. et al. Facile preparation of zeolite-activated carbon composite from coal gangue with enhanced adsorption performance. *Chemical Engineering Journal*, v. 390, p. 124513, 15 jun. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720305040>>.
- MOHAMMAD, S. G. et al. Porous activated carbon from lignocellulosic agricultural waste for the removal of acetampirid pesticide from aqueous solutions. *Molecules*, v. 25, n. 10, 1 maio 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/25/10/2339/htm>>.
- MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, A. D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*, v. 6, n. 7, 2009. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19621072/>>.
- MORIN-CRINI, N. et al. Hemp-based adsorbents for sequestration of metals: a review. *Environmental Chemistry Letters*, v. 17, p. 393–408, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-018-0812-x.pdf>>.
- NJOKU, V. O.; FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Microwave-assisted preparation of pumpkin seed hull activated carbon and its application for the adsorptive removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *Chemical Engineering Journal*, v. 215–216, p. 383–388, 5 jan. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712014386>>.
- PERES F; MOREIRA J. C (orgs). É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p.

PICCIRILLO, D. B. V. O impacto do uso do solo na contaminação por agrotóxicos das águas superficiais de abastecimento público – Dissertação de Mestrado, USP, 2017. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-17052017-171544/pt-br.php>>.

PINO, G. H.; TOREM, M. L. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA BIORSORÇÃO DE METAIS NÃO FERROSOS ESTUDO DE CASO. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2011. Disponível em: <<https://tecnologiammm.com.br/doi/10.4322/tmm.2011.010>>.

QUANDT, S. A.; CHEN, H.; GRZYWACZ, J. G.; VALLEJOS, Q. M.; GALVAN, L.; ARCURY, T. A. Cholinesterase Depression and Its Association with Pesticide Exposure across the Agricultural Season among Latino Farm workers in North Carolina. *Environmental Health Perspectives*, v. 118, nº 5, p. 635-639, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2866678/>>.

ROOS, A. J.; BLAIR, A.; RUSIECKI, A.; HOPPIN, J. A.; SVEC, M.; DOSEMEDI, M.; SANDLER, D. P.; ALAVANJA, M. CCancer Incidence among Glyphosate - Exposed Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspective*, v.113. n.1, pp.49-54, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15626647/>>.

SALMAN, J. M.; NJOKU, V. O.; HAMEED, B. H. Adsorption of pesticides from aqueous solution onto banana stalk activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, v. 174, n. 1, p. 41–48, 15 out. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894711009715>>.

SOARES, W. L. Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura. Tese (doutorado) Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro 2010. Disponível em: <https://bvssp.icict.fiocruz.br/pdf/25520_tese_wagner_25_03.pdf>.

SPALTRO, A. et al. Adsorption and removal of phenoxy acetic herbicides from water by using commercial activated carbons: experimental and computational studies. *Journal of Contaminant Hydrology*, v. 218, p. 84–93, 1 nov. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169772218302614>>.

SUMMERS, R.S.; KNAPPE, D.R.U.; SNOEYINK, V.L. Adsorption of organic compounds by activated carbon, 2011. In: EDZWALD, J.K. (Ed.) *Water quality and treatment: a handbook on drinking water*. 6th ed. New York: McGraw-Hill/American Water Works Association, chapter 14.

TERRA, F. H. B. A indústria de agrotóxicos no Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico. Defesa: Curitiba, 2008. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/15861>>.

VELTEN, S. et al. Development of biomass in a drinking water granular active carbon (GAC) filter. *Water Research*, v. 45, n. 19, p. 6347–6354, 1 dez. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135411005367>>.

YAN, J.; QUAN, G. Sorption behavior of dimethyl phthalate in biochar-soil composites: Implications for the transport of phthalate esters in long-term biochar amended soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 205, 1 dez. 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32827961/>>.

4. CAPÍTULO III: CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 DISCUSSÃO GERAL

Fundamentado nas 14 referências selecionadas, tem-se que o resultado final da metanálise demonstrou o efeito de 82% em relação a efetividade do biocarvão para adsorção de agrotóxicos. Com a análise de viés negativa para erros nos estudos selecionados, essa informação pode ser generalizada.

Nos estudos selecionados, há relatos gerais sobre o uso do biocarvão tanto no contexto de plantas e solo, quanto em relação a meios aquosos. No estudo de Li et al. (2020) foi verificado que o biocarvão ativado por compósito zeólita-biocarvão consegue adsorver metais pesados de forma considerável quando se trata de tratamento de águas residuais industriais. Belhamdi et al. (2019) também analisou a intervenção em meio aquoso só que para a adsorção de triptofano com uma efetividade de aproximadamente 60% o que diferiu do outro autor principalmente na metanálise com um efeito em torno de 90%.

Considerando os resultados do estudo de Lataye, Mishra e Mall (2009) já há uma mudança do contexto em que é analisado a α -picolina em cinza de casca de arroz em que a detecção de que a termodinâmica tem influência considerável sobre esse processo. Belhamdi et al. (2019) também considerou esse aspecto ao relatar espontânea e exotérmica com um processo de fisissorção.

Quando se trata de soluções aquosas, o método de avaliação utilizado por Hashemian, Salari e Yazdi (2014) foi diferente. Foi considerado nesse estudo que o modelo de isoterma de Langmuir se ajusta melhor aos dados de adsorção que é uma perspectiva eficaz e geral sobre um possível modelo que consiga explicar como ocorre o processo adsorptivo nesse caso. Estudo com abordagem semelhante é realizado por Angin e Güneş (2021) em que os dados experimentais indicaram que as isotermas de adsorção foram bem descritas pela equação da isoterma de equilíbrio de Langmuir e a capacidade de adsorção.

Em outra abordagem em solução aquosa foi relatada por Aksu e Kabasakal (2004) em que obteve como resultado que tanto a camada limite quanto a difusão intrapartícula desempenharam papéis importantes nos mecanismos de adsorção. Para esse artigo foi considerado o 2,4-D. Diferente do autor anteriormente citado, esse estudo considera a equação de Arrhenius utilizando os coeficientes de equilíbrio termodinâmico obtidos em diferentes temperaturas (NJOKU; FOO; HAMEED, 2013).

Basiri et al. (2015) também verificou que o uso do biocarvão foi eficaz para remover anilina em meio aquoso, inclusive por demonstrar vantagens muito importantes, como baixo custo, ser ecologicamente correto. Nessa descrição há uma menção importante do quanto o pH (diminuição) e o tempo (em média 60 minutos) de contato com a substância são importantes

para verificar as propriedades desejadas.

Em outros contextos já há uma exploração maior quando se trata de agrotóxicos em plantios. Spaltro et al. (2018) realizou o teste considerando pesticidas e obteve como resultado que algumas propriedades como aumento da força iônica e interações eletrostáticas estão entre algumas das principais propriedades que permitem que aconteça algum mecanismo de adsorção de poluentes. Spaltro et al. (2018) corrobora com Basiri et al. (2015) ao afirmar que o aumento dos valores de pH diminui a capacidade de adsorção, apesar de terem desenvolvido os estudos em contextos diferentes.

Nesse sentido de análise de pesticidas em plantações, Salman, Njoku e Hameed, (2011) analisam o biocarvão para adsorção em caule de banana. Assim como estudos anteriores, a abordagem explicativa sobre a propriedade de adsorção foi pautada seguindo uma análise termodinâmica, mas considerando também como uma alternativa eficaz para soluções aquosas.

Quando se trata desses agrotóxicos a nível de solo, Yan e Quan (2020) verificaram no estudo que fatores como o transporte e a atenuação do contaminantes são fatores que irão influenciar de forma considerável como um biocarvão poderá realizar a atividade adsorptiva, além de influenciar de forma importante no próprio ecossistema local. Para esse estudo foi analisado o composto do dimetil ftalato em compostos de biochar-solo.

Nessa análise de solo, Hearon et al. (2021) também analisa a mesma perspectiva no intuito de diminuir a biodisponibilidade de AMPA do solo e a translocação de AMPA para as plantas. No estudo verificou-se uma eficácia de no mínimo 47% o que já é bastante considerável quando se trata de plantios.

Estudos demonstram que as colunas de carvão ativado granular removem as partículas de matéria orgânica mesmo que sua capacidade de adsorção esteja esgotada (VELTEN et al., 2011). No início, a matéria orgânica é removida ocorre através da adsorção e, após isso, há a combinação da adsorção com a biodegradação sendo que este último é mais predominante na finalização do processo (DUSSERT; VAN STONE, 1994). A atividade biológica dos filtros de carvão ativado granular é mais eficaz quando se compara com a medida em areia e antracito visto que atenua melhor as variações das concentrações do afluente ao filtro (SUMMERS et al., 2011).

Os estudos tiveram em sua quase totalidade como delineamentos experimentais o que foi de grande valia para a determinação tanto de modelos de análise que foram considerados em cada situação e uma junção de todos os resultados obtendo um resultado fidedigno na metanálise.

Em relação a análise de viés, com uso da ferramenta Downs e Black (1998) o estudo que obteve menor pontuação foi o de Basiri et al. (2015) especialmente por não descrever de

maneira clara a forma como os dados foram analisados de forma objetiva. O estudo com maior pontuação foi o de Hashemian, Salari e Yazdi (2014) por ter uma descrição completa e detalhada dos itens descritos. Nenhum estudo obteve pontuação menor do que 15 e não foi excluído da análise.

Ainda nesse mesmo sentido, o viés de publicação não mostrou que considerando os 14 estudos selecionados eles não demonstraram uma tendência (viés) para resultados negativos ou positivos, havendo uma boa distribuição das informações e dados referentes a adsorção dos agrotóxicos usando o carvão ativado. O sistema GRADE revelou uma considerável importância em relação aos resultados da pesquisa, resultado esse que é analisado de forma objetiva pela plataforma.

De acordo com a análise metodológica e estatística realizada dos estudos foi possível observar que existe uma efetividade significativa quando se trata de uso do biocarvão e a adsorção dos agrotóxicos.

4.2 CONCLUSÕES GERAIS

O biocarvão ativado com uso de diversas composições mostrou-se efetivo de forma conjunta para adsorção de agrotóxicos. Alguns limitadores importantes estão relacionados com o processo de verificação dessas análises em diferentes contextos ou para diferentes tipos de agrotóxicos.

A metanálise foi uma ferramenta importante para concluir que o biocarvão é eficaz para a redução de moléculas de agrotóxicos e/ou poluentes em diversos contextos o que vai ao encontro do objetivo proposto no estudo. A partir da estratificação dos estudos inicialmente encontrou-se um total de 2431 artigos obtendo um delineamento para 14 estudos em que houve uma considerável estratificação de informações pertinentes ao tema.

O uso da análise estatística foi essencial para obter afirmações acerca de efetividade de alguma intervenção de uma maneira subjetiva e com a metanálise e análise de viés, pode-se afirmar que as informações extraídas, sintetizadas e relatadas são seguras no intuito de desvendar possíveis agravantes de erros que podem ocorrer para esse tipo de pesquisa. Esse fato incita a necessidade de mais estudos com uso do método de revisão sistemática e metanálise de forma a sintetizar os dados já existentes e um maior processo de decisão.

A revisão de literatura auxiliou a detectar que existe um processo de efetividade acima de 80% para essa intervenção mesmo considerando experimentos e contextos diferentes. Analisando pelos valores de viés não detectado nos estudos incluídos, pode-se considerar que os resultados são efetivos e generalizáveis em outros contextos de saúde ambiental.

4.3 PERSPECTIVAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Há uma carência considerável de estudos quando se trata do tema de adsorção de agrotóxicos com uso de biocarvão. Os estudos abordam uma perspectiva bastante heterogênea sobre o assunto frisando diferentes intervenções.

Mais estudos se fazem necessários, principalmente na região Nordeste, explorando de uma forma mais específica alguns dos compostos locais que poderiam ser associados para essa perspectiva.

Estudos isolados com diferentes intervenções já estão presentes na comunidade científica, mas com um composto específico ainda não. Além disso, estudos experimentais que considerem possíveis variáveis de confusão e uma estatística mais robusta sobre o desfecho analisado também se faz necessário nesse contexto.

5. ANEXOS

5.1 CHECKLIST PRISMA

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	

Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	

(page 1 of 1)

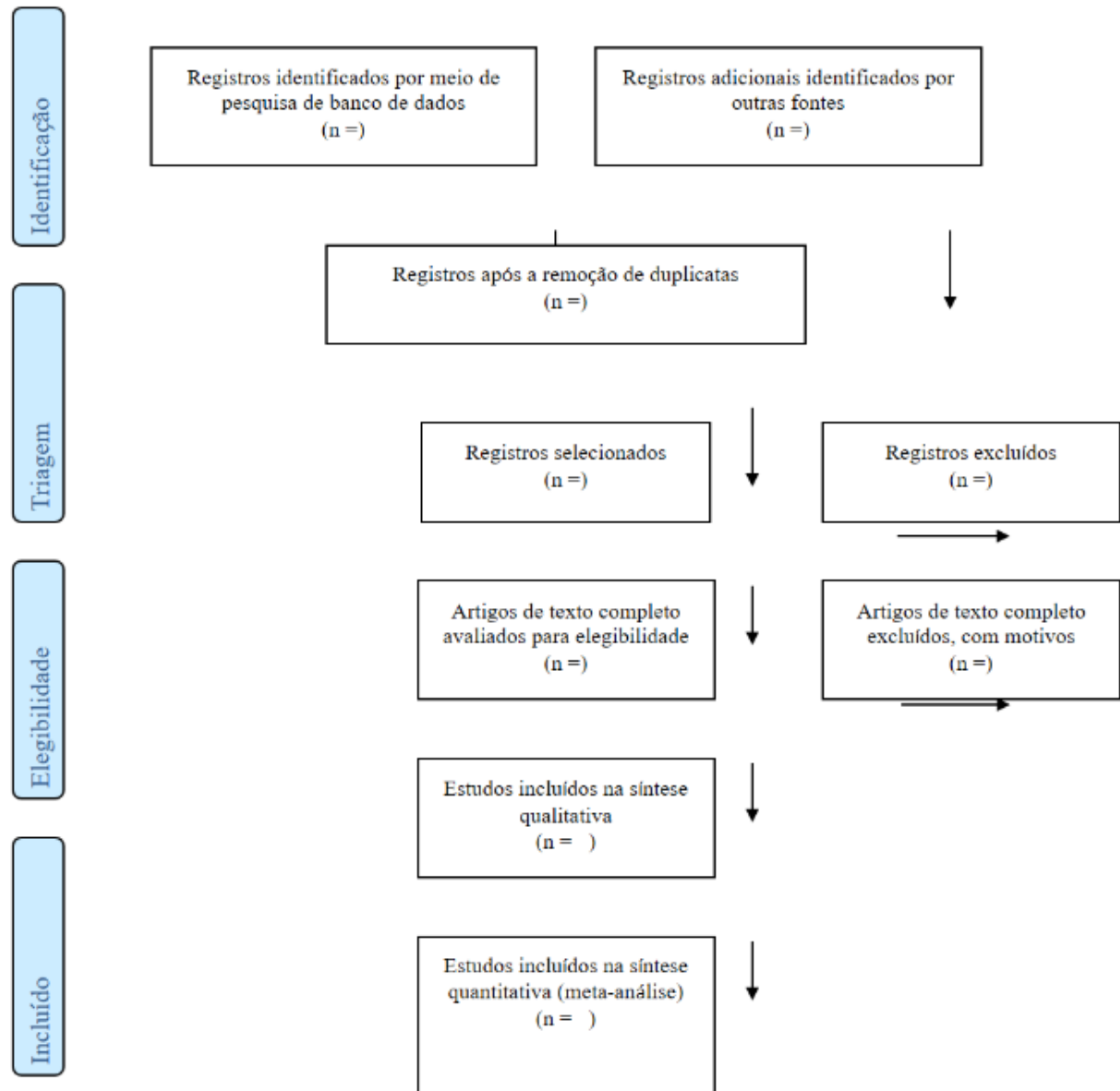
Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	

Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit: www.prisma-statement.org.

5.2 PRISMA 2009 Flow Diagram (DIAGRAMA DE FLUXO)



5.3 CHECKLIST DOWNS & BLACK

REPORTING

1. *A hipótese/objetivo do estudo esta claramente descrita?*

Sim 1

Não 0

2. *Os desfechos a serem medidos estão claramente descritos na introdução ou na seção de métodos?*

Se os principais desfechos são mencionados pela primeira vez nos Resultados, a questão deve ser respondida como “não”.

Sim 1

Não 0

3. *As características dos pacientes incluídos no estudo estão claramente descritas?*

No meu arquivo esta pergunta estava da seguinte forma:

Are the characteristics of the patients included in the study clearly described?

In cohort studies and trials, **inclusion and/or exclusion criteria** should be given. In case-control studies, a **case-definition and the source for controls** should be given.

As características dos pacientes incluídos no estudo estão claramente descritas?

Em estudos de coorte e ensaios, os critérios de inclusão e/ou exclusão devem ser apresentados. Em estudos de caso-controle, a definição de caso e a fonte dos controles devem ser apresentadas.

Sim 1 Não 0

4. *As intervenções de interesse estão claramente descritas?*

No meu arquivo esta pergunta estava da seguinte forma:

Are the interventions of interest clearly described?

Treatments and placebo (where relevant) that are to be compared should be clearly described.

As intervenções de interesse estão claramente descritas?

Tratamentos e placebos (quando pertinente) que serão comparados devem ser claramente descritos.

Sim 1 Não 0

5. *A distribuição dos principais fatores de confusão em cada grupo de indivíduos a serem comparados esta claramente descrita? Uma lista dos principais fatores de confusão é apresentada.*

Sim 2 Parcialmente 1 Não 0

6. *Os principais achados do estudo são claramente descritos?*

Simple dados do desfecho (incluindo denominadores e numeradores) devem ser apresentados para os principais achados de modo que o leitor possa checar as principais análises e conclusões. (Esta pergunta não cobre testes estatísticos, que devem ser considerados abaixo)

Sim 1 Não 0

7. *O estudo proporciona estimativas da variabilidade aleatória dos dados dos principais achados?*

Em dados não normalmente distribuídos, o intervalo interquartil dos resultados deve ser apresentado. Em dados com distribuição normal o erro padrão, desvio padrão ou intervalo de confiança deve ser reportado. Se a distribuição dos dados não é apresentada, deve-se assumir

que as estimativas usadas eram apropriadas e a questão deve ser respondida como “sim”.

Sim 1 Não 0

8. *Todos os principais efeitos adversos que podem ser uma consequência da intervenção foram relatados?*

Esta deve ser respondida como “sim” se o estudo demonstra que houve uma tentativa abrangente de medir os efeitos adversos. (A lista de possíveis eventos adversos é apresentada).

Sim 1 Não 0

9. *As características dos participantes perdidos foram descritas?*

Esta deve ser respondida como “sim” quando não houver perdas ou quando as perdas no follow-up forem tão pequenas que os achados não seriam afetados pela sua inclusão. Deve responder “não” quando o estudo não apresenta o número de pacientes perdidos no follow-up.

Sim 1 Não 0

10. *Os intervalos de confiança de 95% e/ou valores de p foram relatados para os principais desfechos, exceto quando o valor p foi menor que 0,001?*

Sim 1 Não 0

VALIDADE EXTERNA

Todos os critérios a seguir têm a intenção de abordar a representatividade dos achados do estudo e se eles podem ser generalizados para a população de onde derivaram os sujeitos do estudo.

11. *Os sujeitos chamados para participar do estudo foram representativos de toda a população de onde foram recrutados?*

O estudo deve identificar a origem da população dos pacientes e descrever como os pacientes foram selecionados. Os pacientes seriam representativos de uma população se fossem compostos por toda a população de origem, ou por uma amostra não selecionada de pacientes consecutivos, ou por uma amostra aleatória. Amostragem aleatória só é possível quando há uma lista com todos os membros da população. Quando um estudo não apresenta a proporção da população de origem da qual os pacientes derivam, a questão deve ser respondida como “incapaz de determinar”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

12. *Os sujeitos que foram preparados para participar foram representativos da população inteira de onde foram recrutados?*

A proporção daqueles que concordaram deve ser apresentada. Validação de que a amostra era representativa deveria ser incluída, demonstrando que a distribuição dos principais fatores de confusão eram os mesmos da amostra do estudo e da população de origem

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

13. *A equipe, os lugares e as instalações onde os pacientes foram tratados, eram representativos do tratamento que a maioria dos pacientes recebe?*

Para que se responda “sim” o estudo deve demonstrar que a intervenção era representativa da utilizada na população de origem. A resposta deve ser “não” se, por exemplo, a intervenção foi realizada em um centro especializado que não represente os hospitais onde a maioria da população de origem compareceria.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

VALIDADE INTERNA: VIES

14. *Houve tentativa de que os participantes fossem cegados em relação ao tipo de intervenção que receberam?*

Nos estudos em que os pacientes não teriam nenhuma maneira de saber qual intervenção receberiam, a resposta é “sim”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

15. *Houve tentativa de cegar os mensuradores dos desfechos a respeito da intervenção?*

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

16. *Se algum dos resultados do estudo foi baseado em “dragagem de dados”, isto foi feito com clareza?*

Qualquer análise que não tenha sido planejada no início do estudo deve ser claramente indicada. Se nenhuma análise retrospectiva de subgrupo não planejada foi relatada, responda que sim.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

17. *Em ensaios e estudos de coorte, as análises se ajustam para diferentes tempos de acompanhamento, ou nos estudos de caso-controle, o tempo que transcorre entre a intervenção e o desfecho é o mesmo para casos e controles?*

Quando o *follow-up* for o mesmo para todos os pacientes do estudo a resposta deve ser “sim”.

Se diferentes comprimentos de follow-up forem ajustados para, por exemplo, análise de sobrevivência, a resposta deve ser “sim”. Estudos em que diferenças no follow-up são ignoradas a resposta deve ser “não”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

18. *Os testes estatísticos utilizados para avaliar os principais desfechos foram apropriados?*

As técnicas estatísticas utilizadas devem ser adequadas aos dados. Por exemplo, métodos não-paramétricos devem ser utilizados para amostras pequenas. Quando é realizada pouca análise estatística, mas não há nenhuma evidência de viés, a questão deve ser respondida sim. Se a distribuição dos dados (normal ou não) não é descrita deve considerar-se que as estimativas utilizadas foram adequadas ea questão deve ser respondida sim.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

19. *A adesão das intervenções foi confiável?*

Quando não houver adesão ao tratamento alocado ou houve contaminação de um grupo, a questão deve ser respondida com “nao”. Nos estudos onde o efeito de qualquer erro de classificação era susceptível de viés de associação para o nulo, a questão deve ser respondida “sim”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

20. *As medidas dos principais desfechos foram acuradas (validas e confiáveis)?*

Para estudos onde as medidas do desfecho estão claramente descritas, a pergunta deve ser respondida com um sim. Para estudos que referem a outro trabalho ou que demonstram que as medidas do desfecho são acuradas/precisas, a questão deve ser respondida como sim.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

VALIDADE INTERNA – CONFUNDIMENTO (VIÉS DE SELEÇÃO)

21. *Os pacientes em diferentes grupos de intervenção (ensaios e estudos de coorte) ou em casos-controle foram recrutados da mesma população?*

Por exemplo, pacientes para todos os grupos de comparação devem ser selecionados do mesmo hospital. A pergunta deve ser respondida “incapaz de determinar” para estudos de coorte e estudos caso-controle onde não há nenhuma informação sobre a origem dos pacientes incluídos no estudo.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

22. *Os pacientes em diferentes grupos de intervenção (ensaios e estudos de coorte) ou em casos-controle foram recrutados no mesmo período de tempo?*

Para estudos que não especificam o tempo em que os pacientes foram recrutados, a resposta deve ser “incapaz de determinar”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

23. *Os sujeitos do estudo foram randomizados para os grupos de intervenção?*

Estudos que indicam que os indivíduos foram randomizados a resposta deve ser “sim”, exceto quando este método de randomização não garantir a alocação aleatória. Por exemplo alocação alternativa seria “não”, porque não é previsível.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

24. *A intervenção randomizada foi oculta para os pacientes e para a equipe até que o recrutamento estivesse completo e irrevogável?*

Para todos os estudos não-randomizados a resposta deve ser não. Se o cegamento foi para os pacientes, mas não para a equipe, a resposta deve ser não.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

25. *Houve um ajuste adequado dos fatores de confusão nas análises a partir das quais os principais achados foram tirados?*

Esta pergunta deve ser respondida “não” para os ensaios se: as principais conclusões do estudo foram baseadas em análises do tratamento ao invés de intenção de tratamento, a distribuição de fatores de confusão conhecido em diferentes grupos de tratamento não foi descrito, ou a distribuição de fatores de confusão conhecidos diferiu entre os grupos de tratamento, mas não foi levado em consideração nas análises. Em estudos não randomizados, se o efeito dos principais fatores de confusão não foi investigado ou o fator de confusão foi demonstrado, mas nenhum ajuste foi feito na análise final, a questão deve ser respondida “não”.

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

26. *As perdas dos pacientes no andamento foram levadas em conta?*

Se o número de pacientes perdidos no andamento não é relatado, a questão deve ser respondida como “incapaz de determinar”. Se a proporção de perda no andamento foi pequena demais para afetar as principais conclusões, a questão deve ser respondida sim

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

PODER

27. O estudo tem poder suficiente para detectar um efeito clinicamente importante quando o valor de p (“probability value”) para uma diferença que é devida ao acaso é inferior a 5%?

Os tamanhos de amostra foram calculados para detectar uma diferença de x% e y.

Tamanho do menor grupo da intervenção

A <n1 0

B n1–n2 1

C n3–n4 2

D n5–n6 3

E n7–n8 4

F n8+ 5

5.4 PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA GRADE

Questão (PICO)																																	
População: Intervenção: Comparação: Cenário:		Introdução sobre o problema:																															
DOMÍNIO	JULGAMENTO	EVIDÊNCIA DA PESQUISA	CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS																														
P R O B L E M A	O problema é prioritário?																																
	<table border="1"> <tr><td>Não</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente não</td><td></td></tr> <tr><td>Incerto</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente sim</td><td></td></tr> <tr><td>Sim</td><td></td></tr> <tr><td>Há variabilidade</td><td></td></tr> </table>	Não		Provavelmente não		Incerto		Provavelmente sim		Sim		Há variabilidade																					
Não																																	
Provavelmente não																																	
Incerto																																	
Provavelmente sim																																	
Sim																																	
Há variabilidade																																	
B E N E F Í C I O S E R I S C O S	Qual a qualidade da evidência (nível de evidência para o conjunto das evidências)?																																
	<table border="1"> <tr><td>Sem estudos concluídos</td><td></td></tr> <tr><td>Muito baixo</td><td></td></tr> <tr><td>Baixo</td><td></td></tr> <tr><td>Moderado</td><td></td></tr> <tr><td>Alto</td><td></td></tr> </table>	Sem estudos concluídos		Muito baixo		Baixo		Moderado		Alto		<table border="1"> <tr><td>Desfechos críticos</td><td>1...</td><td>2...</td><td>3...</td></tr> <tr><td>Alto</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Moderado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Baixo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Muito Baixo</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Desfechos críticos	1...	2...	3...	Alto				Moderado				Baixo				Muito Baixo				
Sem estudos concluídos																																	
Muito baixo																																	
Baixo																																	
Moderado																																	
Alto																																	
Desfechos críticos	1...	2...	3...																														
Alto																																	
Moderado																																	
Baixo																																	
Muito Baixo																																	

Questão (PICO)																																						
População: Intervenção: Comparação: Cenário:		Introdução sobre o problema:																																				
DOMÍNIO	JULGAMENTO	EVIDÊNCIA DA PESQUISA	CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS																																			
	<p>Qual é o balanço entre benefícios e riscos?</p> <table border="1"> <tr> <td>Benefícios sobrepõem os riscos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Benefícios sobrepõem levemente os riscos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Há equilíbrio entre riscos e benefícios</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Riscos sobrepõem levemente os benefícios</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Riscos sobrepõem os benefícios</td> <td></td> </tr> </table>	Benefícios sobrepõem os riscos		Benefícios sobrepõem levemente os riscos		Há equilíbrio entre riscos e benefícios		Riscos sobrepõem levemente os benefícios		Riscos sobrepõem os benefícios		<table border="1"> <tr> <td>1...</td> <td>1...</td> <td>2...</td> <td>3...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2...</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3...</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4...</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5...</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1...	1...	2...	3...		2...					3...					4...					5...					
Benefícios sobrepõem os riscos																																						
Benefícios sobrepõem levemente os riscos																																						
Há equilíbrio entre riscos e benefícios																																						
Riscos sobrepõem levemente os benefícios																																						
Riscos sobrepõem os benefícios																																						
1...	1...	2...	3...																																			
2...																																						
3...																																						
4...																																						
5...																																						
V A L O R E S E P R E F E R Ê N C I A S	<p>Há similaridade em relação à importância dada para os principais desfechos?</p> <table border="1"> <tr> <td>Não</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Provavelmente não</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Incerto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Provavelmente sim</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sim</td> <td></td> </tr> </table>	Não		Provavelmente não		Incerto		Provavelmente sim		Sim																												
Não																																						
Provavelmente não																																						
Incerto																																						
Provavelmente sim																																						
Sim																																						

Questão (PICO)					
População: Intervenção: Comparação: Cenário:			Introdução sobre o problema:		
DOMÍNIO		JULGAMENTO		EVIDÊNCIA DA PESQUISA	CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS
R E C U R S O S	Os custos ou uso de recursos associados à intervenção são pequenos? (valores unitários – perspectiva focada no indivíduo)	Não	<input type="checkbox"/>		
		Provavelmente não	<input type="checkbox"/>		
		Incerto	<input type="checkbox"/>		
		Provavelmente sim	<input type="checkbox"/>		
		Sim	<input type="checkbox"/>		
	Os custos incrementais (ou uso de recursos) são pequenos em comparação aos benefícios esperados?	Não	<input type="checkbox"/>		
		Provavelmente não	<input type="checkbox"/>		
		Incerto	<input type="checkbox"/>		
		Provavelmente sim	<input type="checkbox"/>		
		Sim	<input type="checkbox"/>		
		Há variabilidade	<input type="checkbox"/>		
E Q U I D A D E	Quais os impactos referentes às inequidades em saúde?	Aumento	<input type="checkbox"/>		
		Provável aumento	<input type="checkbox"/>		
		Incerto	<input type="checkbox"/>		
		Provável redução	<input type="checkbox"/>		
		Redução	<input type="checkbox"/>		
		Há variabilidade	<input type="checkbox"/>		

Questão (PICO)															
População: Intervenção: Comparação: Cenário:		Introdução sobre o problema:													
DOMÍNIO	JULGAMENTO	EVIDÊNCIA DA PESQUISA	CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS												
A C E I T A B I L I D A D E	A opção é aceitável para as principais partes interessadas? <table border="1"> <tr><td>Não</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente não</td><td></td></tr> <tr><td>Incerto</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente sim</td><td></td></tr> <tr><td>Sim</td><td></td></tr> <tr><td>Há variabilidade</td><td></td></tr> </table>	Não		Provavelmente não		Incerto		Provavelmente sim		Sim		Há variabilidade			
Não															
Provavelmente não															
Incerto															
Provavelmente sim															
Sim															
Há variabilidade															
V I A B I L I D A D E	A opção é viável para implementar? <table border="1"> <tr><td>Não</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente não</td><td></td></tr> <tr><td>Incerto</td><td></td></tr> <tr><td>Provavelmente sim</td><td></td></tr> <tr><td>Sim</td><td></td></tr> <tr><td>Há variabilidade</td><td></td></tr> </table>	Não		Provavelmente não		Incerto		Provavelmente sim		Sim		Há variabilidade			
Não															
Provavelmente não															
Incerto															
Provavelmente sim															
Sim															
Há variabilidade															

RECOMENDAÇÃO						
QUESTÃO DE PESQUISA						
Balanco entre riscos e benefícios.	As desvantagens claramente superam as vantagens.	As desvantagens provavelmente superam as vantagens.	O balanço entre vantagens e desvantagem é incerto*.	O balanço entre vantagens e desvantagem indica que eles são semelhantes*.	Os benefícios provavelmente superam as consequências indesejáveis.	As vantagens claramente superam as desvantagens.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Recomendação forte contra adoção da intervenção.	Recomendação fraca contra a não adoção da intervenção.			Recomendação fraca A FAVOR da adoção da intervenção.	Recomendação forte A FAVOR da adoção da intervenção.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Decisão						
Recomendação (texto)						
Observações e justificativa						
Considerações para implementação						
Prioridades em pesquisa						
*Nessas situações, não fornecer recomendação é uma alternativa justificável.						
Fonte: Elaboração GRADE working group - < http://www.gradeworkinggroup.org >.						

5.5 FICHA ORIGINAL USADA PARA ELEGIBILIDADE

A. Identificação	
Título do artigo	
Título do periódico	
Autores	Nome _____ Local de trabalho _____ Graduação _____
País	
Idioma	
Ano de publicação	
B. Instituição sede do estudo	
Hospital	
Universidade	
Centro de pesquisa	
Instituição única	
Pesquisa multicêntrica	
Outras instituições	
Não identifica o local	
C. Tipo de publicação	
Publicação de enfermagem	
Publicação médica	
Publicação de outra área da saúde. Qual?	
D. Características metodológicas do estudo	
1. Tipo de publicação	1.1 Pesquisa <input type="checkbox"/> Abordagem quantitativa <input type="checkbox"/> Delineamento experimental <input type="checkbox"/> Delineamento quase-experimental <input type="checkbox"/> Delineamento não-experimental <input type="checkbox"/> Abordagem qualitativa 1.2 Não pesquisa <input type="checkbox"/> Revisão de literatura <input type="checkbox"/> Relato de experiência <input type="checkbox"/> Outras _____
2. Objetivo ou questão de investigação	
3. Amostra	3.1 Seleção <input type="checkbox"/> Randômica <input type="checkbox"/> Conveniência <input type="checkbox"/> Outra _____ 3.2 Tamanho (n) <input type="checkbox"/> Inicial _____ <input type="checkbox"/> Final _____ 3.3 Características Idade _____ Sexo: M () F () Raça _____ Diagnóstico _____ Tipo de cirurgia _____ 3.4 Critérios de inclusão/exclusão dos sujeitos _____
4. Tratamento dos dados	
5. Intervenções realizadas	5.1 Variável independente _____ 5.2 Variável dependente _____ 5.3 Grupo controle: sim () não () 5.4 Instrumento de medida: sim () não () 5.5 Duração do estudo _____ 5.6 Métodos empregados para mensuração da intervenção _____
6. Resultados	
7. Análise	7.1 Tratamento estatístico _____ 7.2 Nível de significância _____
8. Implicações	8.1 As conclusões são justificadas com base nos resultados _____ 8.2 Quais são as recomendações dos autores _____
9. Nível de evidência	
E. Avaliação do rigor metodológico	
Clareza na identificação da trajetória metodológica no texto (método empregado, sujeitos participantes, critérios de inclusão/exclusão, intervenção, resultados)	
Identificação de limitações ou vieses	

5.6 MEDIDAS DE EFEITO E GRÁFICO

A) Medidas de efeito para desfechos de dados dicotômicos

Para compreensão das definições das medidas de efeito de desfechos dicotômicos, estes dados podem ser apresentados segundo uma tabela 2 x 2:

Tabela 1 – Tabela 2 X 2

INTERVENÇÃO	DESFECHO		TOTAL
	Sim	Não	
Sim	a	b	a + b
Não	c	d	c + d
	a + c	b + d	

Fonte: elaboração própria.

1. **Risco absoluto (RA):** É a probabilidade de desenvolver o desfecho em cada grupo. É matematicamente representado por $a/(a+b)$ e $c/(c+d)$.
2. **Redução absoluta de risco (RAR):** é a diferença de risco absoluto entre o grupo controle e entre o grupo tratado. É matematicamente representado por: $RAR=c/(c+d) - a/(a+b)$. Embora a redução de risco relativo (descrito abaixo) seja o parâmetro mais utilizado para a apresentação dos resultados, a RAR é a medida que tem maior importância clínica, pois é ela quem avalia a eficácia absoluta da intervenção.
3. **Risco relativo (RR):** é o risco de eventos entre pacientes no grupo tratado, relativo ao risco nos pacientes do grupo controle, ou seja, $RR = [a/(a+b)] / [c/(c+d)]$. Essa medida informa a proporção do risco original que ainda está presente quando os pacientes recebem o tratamento experimental.
4. **Redução de risco relativo (RRR):** É uma estimativa da proporção do risco basal que é removido pelo tratamento experimental. Pode ser calculado de duas maneiras: $RRR= 1- RR$ ou $RRR = RRA/RA$ (no grupo controle). A RRR normalmente tem preferência ao RR na apresentação dos resultados.
5. **Odds ratio (OR):** $(a/b) / (c/d) = ad / bc$. O *odds ratio* é uma razão de chances. Por sua vez, chance é a probabilidade de um evento ocorrer sobre a probabilidade do evento não ocorrer.
6. **Número necessário para tratar (NNT):** é a medida utilizada para avaliar a significância clínica. É matematicamente representada pelo inverso da redução absoluta de risco. $NNT = 1/ RAR$

Expressa o número de pacientes que deve ser tratado por um período de tempo para obter um evento favorável (em caso de tratamento) ou para prevenir um evento desfavorável (em caso de profilaxia). Por exemplo, se uma droga tem um NNT igual a

cinco, em relação ao evento morte, significa que cinco pacientes devem ser tratados para que uma morte adicional seja evitada.

Abaixo, um exemplo numérico hipotético de uma tabela 2 X 2, para o cálculo dos riscos e chances:

Tabela 2 – Exemplo hipotético de uma tabela 2 X 2 para cálculo das estimativas de efeito

	IAM	Não IAM	Total
Tabagista	80	20	100
Não Tabagista	20	80	100
Total	100	100	200

Fonte: elaboração própria.

Risco e risco relativo:

Risco absoluto dos expostos: $80/100 = 80\%$

Risco absoluto dos não expostos: $20/100 = 20\%$

Razão de risco (risco relativo) = $80/20 = 4$

Interpretação: O risco dos expostos ao tabagismo é 4x o risco dos não expostos

Chance e razão de chances:

Chance dos expostos: $80/20 = 4$

Chance dos não expostos: $20/80 = 0,25$

Razão de chances (*odds ratio*) = $4/0,25 = 16$

Interpretação: A chance de ser tabagista e ter um evento de infarto são 16x a de quem não é tabagista ter um infarto.

Em relação às medidas de efeito de desfechos dicotômicos, alguns pontos importantes merecem ser destacados. Risco relativo deve ser preferencialmente escolhido, pois é mais intuitivamente compreensível para a maioria das pessoas²⁶.

Apesar do “risco” ser comumente utilizado como sinônimo de “odds”, em estatística eles têm significados distintos e são calculados de formas diferentes. Quando essas diferenças são ignoradas, os resultados das metanálises podem ser mal interpretados. *Odds* pode ser convertido em risco, e o risco em odds, utilizando as fórmulas:

$$\text{Risco} = \frac{\text{odds}}{1 + \text{odds}} \quad \text{odds} = \frac{\text{risco}}{1 - \text{risco}}$$

A interpretação de *odds* é mais complexa que a de risco e para assegurar sua correta interpretação deve-se, primeiro, transformar *odds* em risco. De forma prática, a diferença entre *odds* e risco é pequena quando o evento é raro. Por exemplo, se o *odds* é 0,1, significa que uma pessoa terá o evento para cada 10 que não o terão, e, utilizando a fórmula, o risco será $0,1 / (1 + 0,1) = 0,091$.

Quando os eventos são comuns, como no caso da maioria dos ECRs, as diferenças entre *odds* e risco passam a ser grandes. Por exemplo, o risco de 0,5 é equivalente a um *odds* de 1 e um risco de 0,95 é equivalente a um *odds* de 19.

Para os desfechos dicotômicos, as medidas de efeito nos estudos devem ser apresentadas como razões, já que se tratam de comparações entre dois grupos. Assim como a chance (*odds*) difere de risco quando os eventos são comuns, a razão de chances (*odds ratio* – *OR*) também difere da razão de risco (ou risco relativo). Para intervenções que aumentam a chance de evento, o *odds ratio* é maior que o risco relativo, portanto, se tratados como sinônimos, a interpretação do resultado tenderá a superestimar o efeito da intervenção. Para intervenções que reduzem a chance de evento, o *odds ratio* tende a ser menor que o risco relativo, mais uma vez superestimando o efeito da intervenção.

Para converter risco relativo em *odds ratio*, utiliza-se outra fórmula matemática mais complexa, onde se faz necessário incluir outra variável, subjetiva, denominada de risco assumido de controle (RAC), conforme:

$$RR = \frac{OR}{1 - RAC \times (1 - OR)}$$

Esta variável RAC pode ser estimada na seção de descrição do cálculo do tamanho de amostra, relatada no corpo do artigo.

7. *Hazard ratio*: é uma medida de efeito utilizada para análises de sobrevivência ou análises do tipo “tempo até o evento”. Este tipo de estimativa não leva em conta apenas se o desfecho ocorreu ou não, mas também o ponto no tempo em que o evento ocorreu, ao longo do seguimento do estudo.

O cálculo da metanálise para *hazard ratios* esta disponível na maioria dos programas que calculam metanálise. Alguns métodos incluem o teste “*log-rank*” e regressão de Cox.

Ainda, é possível calcular o *hazard ratio* indiretamente, por manipulação do valor de qui-quadrado, valor de p ou variância⁶⁰. A escolha particular do método vai depender de quais informações estão disponíveis em um estudo particular.

Se o *hazard* for o único tipo de dado a ser obtido dos estudos, um profissional estatístico poderá ser necessário.

Mesmo se os dados necessários para estimar o *hazard ratio* ou eles próprios forem fornecidos, o *hazard ratio* como medida de efeito para o cálculo da metanálise é preferível em metanálise de dados individuais de pacientes. Neste tipo de revisão, obtém-se os dados da revisão diretamente dos bancos de dados dos estudos primários, o que permite uma informação mais acurada.

B) Medidas de efeito de desfechos contínuos

Se o desfecho é uma medida contínua, utiliza-se a diferença das médias ou a diferença das médias padronizadas como estimativa do efeito da intervenção.

Quando a mensuração do mesmo desfecho utiliza a mesma unidade de medida ou parâmetro em todos os estudos, a diferença das médias entre os tratamentos deve ser calculada. Se os estudos investigam o mesmo desfecho, mas o acessam utilizando métodos diagnósticos diferentes, como, por exemplo, utilizando várias derivações de escalas ETDRS para acessar a piora de uma retinopatia, devem-se utilizar as diferenças de médias padronizadas.

Para o cálculo de ambas as medidas de efeito, serão requeridos o número de participantes, a média do resultado e seu respectivo desvio padrão, para o braço intervenção e controle, conforme exemplificado na tabela abaixo:

Quadro 3 – Para cálculo de medidas de efeito de variáveis contínuas

Estudo,	Média resultado	Desvio padrão	Nº de participantes/braço
Intervenção	m_{1i}	SD_{1i}	n_{1i}
Controle	m_{2i}	SD_{2i}	n_{2i}

Fonte: elaboração própria.

A diferença das médias (DM) de um estudo se dá pela fórmula:

$$DM = m_{1i} - m_{2i}$$

Para a geração de uma única estimativa de desvio padrão entre os tratamentos de um estudo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$s_i = \sqrt{\frac{(n_{1i} - 1) SD_{1i}^2 + (n_{2i} - 1) SD_{2i}^2}{(n_{1i} + n_{2i}) - 2}}$$

Quando o acesso aos desfechos utilizam diferentes escalas, devemos calcular a diferença das médias padronizadas. Utilizam-se as fórmulas do d de Cohen, g ajustado de Hedges e variação de Glass, que também utiliza a estimativa de desvio padrão s_i calculada entre os tratamentos.

Uma vantagem de utilizar o g ajustado de Hedges é que ele inclui um fator de correção na fórmula do d de Cohen, para viés proveniente de tamanhos pequenos de amostra, conforme a fórmula:

$$g_i = d \text{ Cohen} \times [1 - 3/4 (n_{1i} + n_{2i}) - 9]$$

$$g_i = (m_{1i} - m_{2i}) / s_i \times [1 - 3/4 (n_{1i} + n_{2i}) - 9]$$

Ambos os métodos, da diferença das médias e da diferença das médias padronizadas, assumem que a mensuração dos desfechos em cada estudo tem uma distribuição normal. Caso contrário, o resultado pode ser interpretado erroneamente.

C) Medidas de efeito de desfechos ordinais

Se comportam, na maioria das vezes, como dados contínuos na medida em que se aumenta o número de categorias e, portanto, os dados ordinais são apresentados utilizando as mesmas medidas de efeito para os dados contínuos (diferença de médias e diferença de médias padronizadas).

Entretanto, dados ordinais também podem assumir padrão de dados dicotômicos, quando se combinam as categorias adjacentes e se estabelece um ponto de corte. Nestes casos, utiliza-se como medidas de desfechos as mesmas medidas utilizadas para os dados dicotômicos [risco relativo (RR), *odds ratio* (OR), diferenças dos riscos (RRR), *hazard ratio* (HR)].

O *Forest plot*, como é conhecido em inglês, é um gráfico bastante útil que apresenta diversas informações importantes para interpretação dos resultados de uma metanálise.

O *Forest plot* apresenta as estimativas de efeito, com seus respectivos intervalos de confiança, para os estudos individuais e para a metanálise, tanto em texto, quanto em representação gráfica.

Cada estudo é apresentado em linhas horizontais, e pode ser identificado por nome do autor e data de publicação ou pelo acrônimo do estudo. Ao lado da identificação do estudo estão os dados de incidência do desfecho (número de caso sobre o total de pacientes no grupo intervenção e controle).

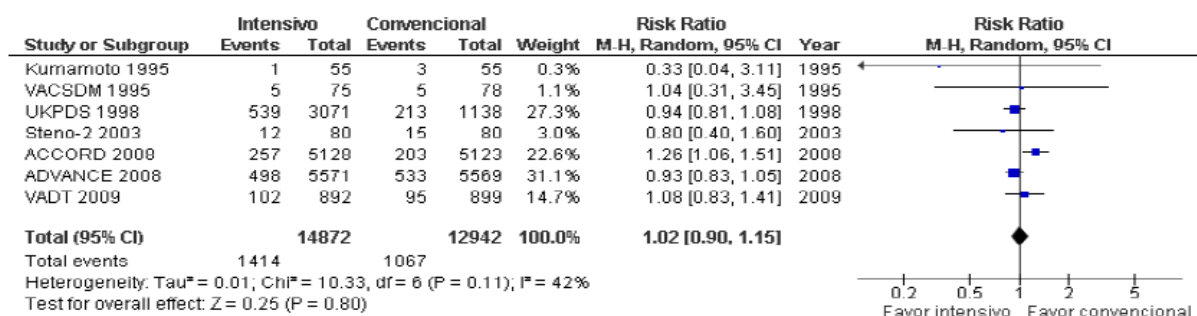
Uma vez definida a medida de efeito utilizada (que depende do tipo de desfecho, conforme seção 2.2.4.1), a estimativa de efeito pontual da intervenção no estudo é apresentada em forma de um quadrado negro, com linhas em ambos os lados horizontais do quadrado, que representam o intervalo de confiança da estimativa (geralmente com 95% de nível de confiança). A área do quadrado representa o peso do estudo na metanálise e quanto maior esta área, maior é o número de eventos.

A metanálise é o diamante negro que aparece em baixo das estimativas dos estudos incluídos.

Para interpretação dos resultados, estudos que concentram o quadrado preto a esquerda da linha vertical do gráfico indicam resultados a favor da intervenção e os estudos que concentram seus quadrados pretos a direita da linha vertical indicam resultados a favor do grupo controle. O mesmo se aplica para a interpretação da metanálise (diamante). A linha sólida vertical que divide os lados do gráfico é a linha da ausência de efeito. Se o diamante ou as linhas que representam os intervalos de confiança de cada estudo individual estiverem em cima da linha vertical da ausência de efeito, a interpretação é que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ou que a metanálise é inconclusiva, dependendo de quão largo seja o intervalo de confiança.

O gráfico 1 ao lado apresenta um exemplo de um *Forest plot*, com todas as informações que o gráfico disponibiliza:

Gráfico 1 – Gráfico de floresta



Fonte: (BUEHLER et al., 2010)

Find articles with these terms

Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption


 Advanced search

2,383 results

sorted by relevance | date

Refine by:

Years

 2021 (305) 2020 (296) 2019 (213)

Show more

Article type

 Review articles (376) Research articles (1,254) Encyclopedia (74) Book chapters (376) Conference abstracts (16) Conference info (1) Data articles (1)

Research article

Biochar for remediation of **agrochemicals** and synthetic organic dyes from environmental samples: A review

Chemosphere, 11 February 2021, ...

Ravindra Kumar Gautam, Mandavi Goswami, ... Ashok Pandey

Research article

Concentration dependent **adsorption** of aromatic organic compounds by SWCNTs: Quantum-mechanical descriptors for nano-toxicological studies of biomolecules and **agrochemicals**

Journal of Molecular Graphics and Modelling, 8 September 2018, ...

Suman Lata, Vikas

Want a richer search experience?

Sign in for article previews, additional search fields & filters, and multiple article download & export options.

Research article

Feedback

Log in

Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption



Search

Advanced Create alert Create RSS

User Guide

Sorted by: Best match

MY NCBI FILTERS

10 results

RESULTS BY YEAR



TEXT AVAILABILITY

 Abstract Free full text Full text

ARTICLE ATTRIBUTE

Filters applied: Free full text, in the last 5 years. Clear all

 1 Porous **Activated Carbon** from Lignocellulosic Agricultural Waste for the Removal of Acetamidopirid Pesticide from Aqueous Solutions.

Cite: Mohammad SG, Ahmed SM, Amr AEE, Kamel AH.

Molecules. 2020 May 17;25(10):2339. doi: 10.3390/molecules25102339.

Share: PMID: 32429511 [Free PMC article.](#)A facile eco-friendly approach for acetamidopirid pesticide removal is presented. The method is based on the use of micro- and mesoporous **activated carbon** (TPAC) as a natural adsorbent. TPAC was synthesized via chemical treatment of tangerine peels with phosphoric acid ...
 2 Decreased bioavailability of aminomethylphosphonic acid (AMPA) in genetically modified corn with **activated carbon** or calcium montmorillonite clay inclusion in soil.

Cite: Hearon SE, Wang M, McDonald TJ, Phillips TD.

Share: [View full text](#) [View abstract](#) [View references](#) [View citations](#) [View related articles](#)

Web of Science

Pesquisa Ferramentas Pesquisas e alertas Histórico de pesquisa Lista marcada

Resultados: 23 (de Principal Coleção da Web of Science)

Você pesquisou por: TÓPICO: (Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption) ...Mais

Refinar resultados

Procurar nos resultados...

Filtrar resultados por:

Acesso Aberto (3)

Anos da publicação

2021 (1)

Classificar por: [Data](#) Numero de citações Total de uso Relevância Mais

Selecionar página

1. Removal of 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid from water by MIL-101(Cr) metal-organic framework: kinetics, isotherms and statistical models

Por: Isiyaka, Hamza Ahmad; Jumbri, Khairulazhar; Sambudi, Nonni Soraya; et al.

ROYAL SOCIETY OPEN SCIENCE Volume: 8 Edição: 1 Número do artigo: 201553 Publicado: JAN 13 2021

Texto integral gratuito do editor Visualizar resumo

2. The usage of orange pulp **activated carbon** in the **adsorption** of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid from aqueous solutions

Por: Angin, Dilek; Gunes, Sinem

INTERNATIONAL JOURNAL OF PHYTOREMEDIATION Volume: 23 Edição: 4 Páginas: 436-444 Publicado: MAR 21 2021

Acesso antecipado: OCT 2020

Visualizar resumo

Analisar resultados

Número de citações: 0 (da Principal Coleção da Web of Science)

Total de uso

Número de citações: 1 (da Principal Coleção da Web of Science)

Total de uso

15 document results

TITLE-ABS-KEY (agrochemicals AND activated AND carbon AND adsorption)

[Edit](#) [Save](#) [Set alert](#)

Search within results...



Refine results

[Limit to](#) [Exclude](#)

Open Access

All Open Access (1) >

Gold (1) >

Green (1) >

[Learn more](#)

Year ^

Documents Secondary documents Patents

[View Mendeley Data \(18\)](#)

Analyze search results

[Show all abstracts](#) Sort on: **Date (newest)**

All

[Export](#)

[Download](#)

[View citation overview](#)

[View cited by](#)

[Add to List](#)

...



	Document title	Authors	Year	Source	Cited by
<input type="checkbox"/> 1	Exhaustive valorization of cashew nut shell waste as a potential bioresource material <i>Open Access</i>	Nyirenda, J., Zombe, K., Kalaba, G., Siabbamba, C., Mukela, I.	2021	Scientific Reports 11(1),11986	0
View abstract Capes-BR View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 2	The usage of orange pulp activated carbon in the adsorption	Angin, D., Güneş, S.	2021	International Journal of	1

6. APÊNDICES

METODOLOGIA ESTENDIDA: REVISÃO SISTEMÁTICA

A sistemática com metanálise seguiu as recomendações do protocolo PRISMA (ANEXO 5.1). A revisão sistemática é uma revisão de literatura que considera estudos primários sobre o assunto. A metanálise inclui a estatística para provar se existe ou não uma relação significativa entre os pontos analisados que para este caso é o biocarvão e adsorção de agrotóxicos (MOHER; LIBERATI; TETZLAFF, 2009).

A pergunta de pesquisa foi delineada de acordo com o acrônimo PICO sendo a seguinte: “Há efetividade do uso de biocarvão para adsorção de agrotóxicos?”.

Quadro 1 - Descrição da estratégia PICO para a elaboração da questão norteadora da pesquisa

Acrônimo	Definição	Descrição
P	Problema de pesquisa	Agrotóxicos
I	Intervenção	Biocarvão
C	Controle	Comparação a ausência ou perspectivas clássicas / usuais
O	Desfecho	Adsorção de pesticidas

6.1 CRITÉRIOS PARA CONSIDERAÇÃO DE ESTUDOS PARA ESTA REVISÃO

6.1.1 TIPOS DE ESTUDOS

Foram incluídos estudos dos últimos 20 anos, disponíveis pelo menos o resumo considerando estudos preferencialmente experimentais. Foram excluídos estudos qualitativos ou com alto risco de viés (com avaliação manual de acordo com a escala Downs e Black (1998), outras revisões e duplicados.

6.1.2 TIPOS DE VARIÁVEIS

As variáveis analisadas foram a presença ou não de fatores (nível de adsorção do agrotóxico) que comprovem a efetividade ou não da adsorção de agrotóxicos. Foram excluídos estudos que abordem de forma superficial ou imparcialidade ao desfecho.

6.1.3 TIPOS DE DESFECHOS ANALISADOS

Desfechos primários

1. Adsorção de agrotóxicos.

Desfechos secundários

1. Outras propriedades benéficas não conhecidas previamente.

6.2 MÉTODOS DE BUSCA DOS ESTUDOS

Foram buscados por todos os tipos de estudos com os critérios estabelecidos para selecionar, sem restrição de idioma. Foram pesquisados nas fontes: Scopus, Web of Science, PubMed e ScienceDirect.

Os dados foram buscados de forma separada com a estratégia abaixo para a melhor determinação investigativa. Os descritores utilizados para a busca foram os seguintes: *Agrochemicals AND Activated Carbon AND Adsorption*

Foram realizadas três buscas para identificação de possíveis variâncias de seleção previamente estabelecidas e que poderiam influenciar no resultado.

Pesquisou-se possíveis evidências importantes que poderiam estar presentes em universidades e outros periódicos da área de forma a poder identificar possíveis estudos que ainda estariam sendo desenvolvidos e não indexados nas bases de dados pesquisados.

6.3 COLEÇÃO DE DADOS E ANÁLISES

Para a realização do trabalho, dois autores independentes realizaram as análises e pareamento de buscas, processo que faz parte do protocolo de revisão sistemática (BRASIL, 2012). No caso de possíveis discrepâncias, um terceiro revisor era consultado para determinação de dados e inclusão ou não no artigo. Foi utilizado a plataforma Rayyan (OUZZANI, et al., 2016) para o processo de seleção.

Em cada estudo foram analisadas as seguintes questões: ano de publicação, país de origem, autores, método, principais resultados e desfechos, adsorção ou não dos produtos descritos, além das estatísticas descritivas e inferenciais presentes.

6.4 DETERMINAÇÃO DO RISCO DE VIÉS DOS ESTUDOS ANALISADOS

Dois revisores trabalharam de maneira independente para determinação do risco de viés e foi calculado com instrumento Downs e Black (1998). Esse instrumento avalia o viés (erro) individual de cada estudo. Pontuações menores do que 15 eram excluídos da revisão por conter alto risco de viés e causar possíveis erros de interpretação. Analisou-se o viés segundo algumas perspectivas como: amostra, resultados, delineamento de coleta de dados entre outros. O viés considera em qual contexto o estudo foi realizado assim como todo o percurso metodológico desenvolvido na pesquisa.

Na discordância de um possível fator em um determinado artigo, um terceiro revisor poderia ter sido incluso para determinação de pontuação e dessa maneira determinar o nível de viés e, conseqüentemente, a inclusão do estudo ou não na presente pesquisa de revisão.

6.5 MENSURAÇÃO DOS EFEITOS

Todos os efeitos foram analisados segundo a perspectiva dicotômica ou contínua segundo as características dos estudos selecionados e, dessa maneira, calculou-se a metanálise de proporção com o uso de intervalo de confiança de 95% (KAURA, 2016).

6.6 QUESTÕES DE UNIDADE DE ANÁLISE

As questões específicas de análise foram as determinações segundo os desfechos primários e secundários de diferenças significativas. A partir da determinação significativa dessas diferenças.

6.7 LIDANDO COM DADOS AUSENTES

Sempre que possível, poderiam aparecer dados ausentes quando não disponíveis nos artigos através de contato com os autores. Quando esses dados não eram encontrados a partir de duas tentativas, poderia ser usado o método de imputação múltipla para determinação de casos faltantes (KAURA, 2016).

6.8 AVALIAÇÃO DE HETEROGENEIDADE

A heterogeneidade se refere ao quão diferentes são os estudos selecionados em um estudo de revisão calculados pela homocedasticidade. Foram selecionados estudos mais homogêneos possíveis para uma melhor determinação dos efeitos que apresentassem a mesma metodologia e método. Uma análise conjunta de estudos com heterogeneidade acima de 50%, foram considerados heterogêneos (HIGGINS; GREEN, 2009).

6.9 AVALIAÇÃO DE VIÉS DOS ESTUDOS SELECIONADOS

Estudos com alto risco de viés foram excluídos da presente análise. Para uma melhor determinação, análise pelo sistema de viés individual foi utilizado para determinação de quais estudos seriam excluídos com a análise de Downs e Black (1998). A análise conjunta de viés foi determinada com uso do sistema GRADE (BRASIL, 2014).

6.10 SÍNTESE DOS DADOS

A análise de dados geral ocorreu com o uso do software R 4.0 (<https://www.rstudio.com/>). Foi usado o modelo DerSimonian-Laird com efeito randômico (efeito aleatório) e análise de proporção com intervalo de 95% e significância de 0,05.

6.11 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Pelo método de análise de sensibilidade foram excluídos estudos com alto risco de viés além de determinar o risco de viés de publicação com o funnel plot. Além disso, foi realizado a exclusão de outliers e análise de subgrupos.