CAPÍTULO DO LIVRO – CONEXÕES CIENTÍFICAS - AMBIENTE, SAÚDE, EDUCAÇÃO E INOVAÇÃO - PUBLICADO POR: EDITORA MANUAL
ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

CAPÍTULO 3

RESÍDUOS PLÁSTICOS NA AGRICULTURA: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO

DOI DO CAPÍTULO: 10.29327/5963731.1-3

Dário Santos Fontes, e-mail: daryus.d2@hotmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/2642940750682696
Jozadake Petry Fausto, e-mail: jozadakepetryfausto@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/3339996527225371
Giselle Silva de Souza, e-mail: giselle.silva908@gmail.com URL lattes: http://lattes.cnpq.br/7391062473926377
Amanda da Silva Santos, e-mail: amanda.santos1@arapiraca.ufal.br, URL lattes:https://lattes.cnpq.br/4484218420672837
Monique Maria de Souza Costa, e-mail: moniquemariacosta@gamil.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/0766705468983276
Albani Correia de Vasconcelos, e-mail: mailto:albanivasconcelos@hotmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/9413008499837926
Josilene Pereira Silva, e-mail: pereirasilvajosilene41@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/5717569162096842

RESUMO

O uso de materiais plásticos na agricultura tem contribuído para a modernização dos sistemas produtivos, especialmente por favorecer a conservação da água, o controle das condições de cultivo e a eficiência no uso de recursos. Entretanto, a geração e a destinação inadequada desses resíduos podem favorecer sua permanência e fragmentação no ambiente, resultando na formação e no acúmulo de microplásticos no solo. Este capítulo teve como objetivo analisar o uso de materiais plásticos na agricultura e os riscos associados à contaminação do ambiente edáfico, considerando suas principais fontes, processos de formação, impactos e estratégias de mitigação. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter exploratório-descritivo, com levantamento de publicações entre 2012 e 2025 no Google Acadêmico, SciELO e Portal de Periódicos CAPES. A análise evidenciou que filmes de *mulching*, materiais de irrigação, estruturas de cultivo protegido e outros resíduos poliméricos constituem importantes fontes de partículas plásticas nos sistemas agrícolas. Os microplásticos podem interferir nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, alterando a retenção de água, a agregação, a atividade microbiana e a dinâmica de nutrientes, além de interagir com outros contaminantes e potencializar riscos ambientais. Verificou-se ainda que as dificuldades de coleta, reciclagem e logística reversa representam importantes obstáculos ao gerenciamento desses resíduos. Conclui-se que a redução dos impactos da plasticultura depende da integração entre manejo adequado, logística reversa, economia circular, desenvolvimento de materiais de menor persistência, tecnologias de reciclagem, políticas públicas e capacitação dos produtores, associada à ampliação das pesquisas sobre os efeitos de longo prazo dos microplásticos nos solos agrícolas.

Palavras-chave: plasticultura; microplásticos; contaminação do solo; resíduos agrícolas; sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

A expansão da produção e do consumo de plásticos acompanha o desenvolvimento tecnológico e a demanda por materiais resistentes, versáteis e duráveis. Na agricultura, esses materiais estão presentes em filmes de cobertura do solo, tubulações, embalagens e diferentes componentes dos sistemas de cultivo. Entretanto, ao longo de seu ciclo de vida, podem contribuir para a introdução de resíduos plásticos no ambiente, desde fragmentos maiores até partículas de pequenas dimensões (Souza, 2020; Li *et al.*, 2022).

A utilização desses materiais nos sistemas agrícolas consolidou a chamada plasticultura, importante para a modernização da produção. Filmes de cobertura, sistemas de irrigação, estufas e outras estruturas favorecem a conservação da umidade, a regulação da temperatura do solo, o controle de plantas daninhas e a eficiência no uso de insumos (Mansoor *et al.,* 2022; Salama; Geyer, 2023). No Brasil, essas tecnologias são particularmente relevantes na horticultura e na fruticultura irrigada, inclusive em regiões semiáridas, onde o uso eficiente da água é fundamental para a produção (Santi *et al*., 2022).

Apesar desses benefícios, a geração e o descarte dos materiais plásticos representam importantes desafios ambientais. A exposição dos resíduos à radiação ultravioleta, às variações de temperatura e à abrasão favorece sua fragmentação e a formação de microplásticos, geralmente definidos como partículas inferiores a 5 mm (Belo *et al.*, 2021; Huang *et al.*, 2024). A ocorrência crescente dessas partículas em áreas cultivadas indica que os solos agrícolas podem atuar como importantes compartimentos de acumulação da poluição plástica terrestre (Kang *et al.*, 2025).

No solo, os microplásticos podem persistir e interferir em atributos como porosidade, agregação, retenção de água e atividade microbiana, com repercussões sobre a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Qi *et al.*, 2022). Seus efeitos também podem atingir organismos da fauna edáfica, como minhocas e microartrópodes, importantes para a dinâmica biológica e estrutural do solo (Cheng *et al*., 2024; Nath *et al.*, 2024).

Outro aspecto relevante é a capacidade dos microplásticos de interagir com metais pesados, pesticidas e fármacos, podendo modificar sua mobilidade e favorecer seu transporte no ambiente. Essas interações ampliam as preocupações quanto à exposição de organismos, plantas e à possível transferência de contaminantes ao longo das cadeias alimentares (Rani-Borges; Pompêo, 2022; Luo *et al.*, 2025). Em áreas agrícolas submetidas ao uso frequente de defensivos e outros insumos, essa associação pode intensificar os riscos ambientais (Pimentel, 2023; En-Nejmy *et al.*, 2024).

No Brasil, a crescente utilização de filmes para *mulching*, sistemas de irrigação e estruturas de cultivo protegido reforça a necessidade de destinação adequada após o uso.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

Dificuldades de coleta, separação e reciclagem podem favorecer abandono, enterramento ou queima dos resíduos, enquanto sua permanência no campo intensifica a fragmentação e a incorporação de partículas plásticas ao solo (Rodrigues *et al.*, 2022; França *et al.*, 2024).

Assim, os benefícios agronômicos da plasticultura contrastam com os impactos associados à permanência de seus resíduos no ambiente, tornando necessárias estratégias de redução, recuperação, reciclagem e substituição por materiais de menor impacto. Avanços na gestão dos resíduos, no desenvolvimento de materiais biodegradáveis e nas medidas de prevenção e controle são fundamentais para compatibilizar os benefícios produtivos com a conservação ambiental (Bandopadhyay *et al.*, 2023; Sintim *et al*., 2023).

Diante disso, este capítulo aborda o uso de materiais plásticos na agricultura e os riscos associados à sua permanência e fragmentação no solo, enfatizando as fontes e a formação de microplásticos, seus efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente edáfico e as estratégias destinadas à redução e mitigação dessa forma de contaminação.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo foi desenvolvido por meio de uma revisão integrativa da literatura, conduzida sob abordagem qualitativa e de caráter exploratório-descritivo. O percurso metodológico foi estruturado de modo a reunir, organizar e interpretar criticamente a produção científica relacionada ao uso de materiais e resíduos plásticos nos sistemas agrícolas, com especial atenção à sua permanência no ambiente, à formação de microplásticos e aos possíveis efeitos sobre o solo. A escolha dessa abordagem possibilitou examinar diferentes perspectivas da literatura e identificar tendências, convergências, limitações e lacunas existentes nesse campo de investigação.

O levantamento bibliográfico foi realizado no Google Acadêmico, na SciELO e no Portal de Periódicos CAPES, considerando publicações compreendidas entre 2012 e 2025. Para a localização dos estudos, foram utilizados, de maneira isolada e combinada, os descritores “resíduos plásticos”, “agricultura”, “contaminação edáfica”, “microplásticos”, “plasticultura” e “biopolímeros”. A estratégia foi direcionada à recuperação de trabalhos relacionados tanto à utilização dos materiais poliméricos nos sistemas produtivos quanto às consequências ambientais associadas à sua degradação e permanência no solo.

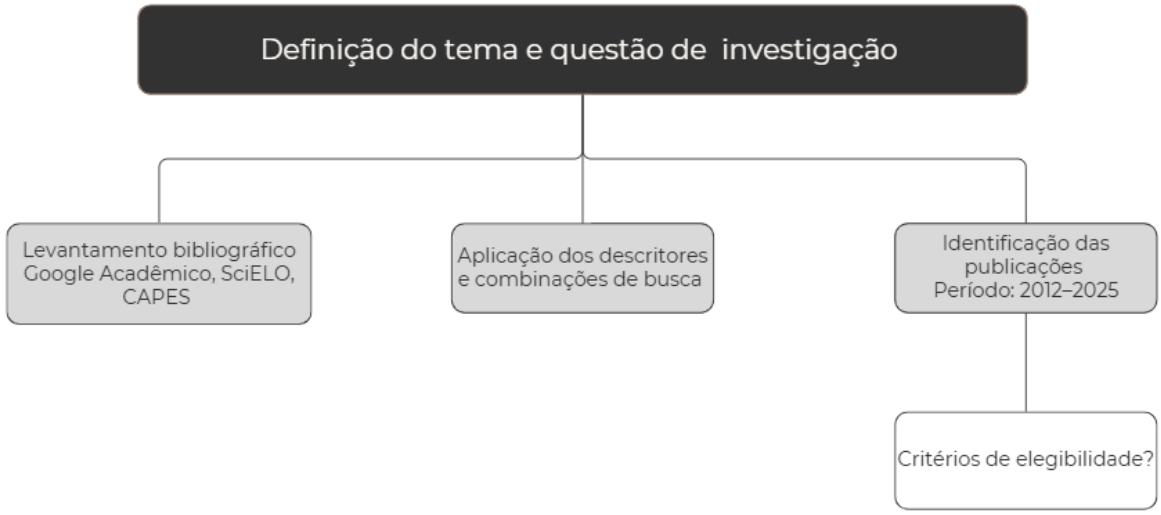
A seleção das publicações foi orientada por critérios previamente definidos. Foram incluídos estudos que apresentassem informações relacionadas à presença ou disposição de polímeros em sistemas agrícolas, à geração de resíduos plásticos e aos processos físicos e

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

químicos envolvidos em sua degradação. Também foram considerados trabalhos que contribuíssem para a compreensão dos efeitos desses materiais e de suas partículas sobre o ambiente edáfico. Em contrapartida, foram excluídas pesquisas desenvolvidas exclusivamente em ambientes marinhos ou urbanos quando não apresentavam relação direta com atividades, práticas ou processos associados aos sistemas agrícolas.

O processo de levantamento e seleção das publicações foi organizado em etapas sucessivas, compreendendo a identificação dos estudos, aplicação dos critérios de elegibilidade, organização do material selecionado e definição do conjunto documental utilizado na análise. A representação dessas etapas é apresentada na Figura 1, permitindo visualizar o percurso adotado desde o levantamento inicial das publicações até a síntese das evidências consideradas no capítulo.

Figura 1 – Fluxograma do percurso metodológico utilizado para seleção e análise das publicações



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após a seleção, as informações extraídas foram organizadas de acordo com as características dos resíduos e com as principais questões ambientais abordadas nos estudos. Entre os materiais considerados, destacaram-se filmes empregados no *mulching*, embalagens de agrotóxicos e outros resíduos poliméricos associados às atividades agrícolas. A organização dos dados permitiu examinar as fontes de contaminação, os processos de degradação e

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

formação de microplásticos, seus efeitos sobre propriedades do solo e as alternativas propostas para gerenciamento e mitigação dos impactos.

A interpretação das informações foi realizada mediante análise temática de conteúdo, buscando identificar padrões, convergências e divergências entre as publicações selecionadas. A análise também considerou lacunas e limitações apontadas pela literatura, com destaque para diferenças metodológicas entre os estudos, ausência de padronização nas técnicas utilizadas para identificação e quantificação de microplásticos e disponibilidade ainda limitada de investigações que avaliem seus efeitos em longo prazo.

As referências recuperadas durante o levantamento foram organizadas com auxílio do gerenciador bibliográfico Mendeley, empregado para sistematização das fontes utilizadas. A combinação dos procedimentos de busca, seleção, categorização e análise possibilitou estruturar uma síntese crítica das evidências disponíveis, direcionada à compreensão das relações entre plasticultura, geração de resíduos, formação de microplásticos e alterações no ambiente edáfico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Plasticultura e aplicações de materiais poliméricos nos sistemas agrícolas

A incorporação de materiais plásticos aos sistemas agrícolas, denominada plasticultura, abrange filmes de cobertura, tubulações e sistemas de irrigação, estruturas de cultivo protegido, lonas e embalagens. Esses materiais contribuem para o controle das condições de cultivo e para maior eficiência no uso dos recursos produtivos. Entre os principais benefícios estão a conservação da umidade, a redução de plantas daninhas e a regulação da temperatura do solo, aspectos especialmente relevantes em condições de restrição hídrica (Salama; Geyer, 2023). No Brasil, sua utilização também favorece sistemas intensivos de horticultura, auxiliando no controle das condições de produção e na redução da lixiviação de nutrientes (Santi *et al.*, 2022).

Entre as aplicações mais difundidas destaca-se o *mulching* plástico, no qual filmes poliméricos recobrem a superfície do solo, reduzindo a evaporação, a emergência de plantas daninhas e modificando as condições térmicas da zona radicular. Esses efeitos podem favorecer o aproveitamento dos recursos e o desempenho das culturas, justificando sua ampla utilização na horticultura e na fruticultura (Mansoor *et al.*, 2022). Apesar dos benefícios, a permanência desses materiais após o uso constitui um importante problema ambiental. A exposição às condições de campo e o desgaste decorrente das operações agrícolas favorecem sua

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

fragmentação progressiva, formando partículas menores e contribuindo para a geração contínua de microplásticos no solo.

A presença dessas partículas pode alterar a atividade microbiana, a disponibilidade e absorção de nutrientes e o desenvolvimento vegetal (Qi *et al.*, 2022). Também são relatadas modificações na retenção de água, na estrutura do solo e na dinâmica de nutrientes, comprometendo propriedades relacionadas à capacidade produtiva do ambiente edáfico (Yu *et al.,* 2022; Zhang *et al.,* 2022). Essas alterações podem repercutir sobre processos biogeoquímicos, incluindo a ciclagem de nutrientes, com possíveis efeitos sobre a fertilidade e o funcionamento do solo (De Souza Machado *et al.*, 2022; Rillig *et al.*, 2023).

Entre as principais fontes agrícolas de partículas plásticas estão os filmes de polietileno utilizados no *mulching*, componentes dos sistemas de irrigação e materiais empregados em estufas e cultivos protegidos. Sua degradação e remoção incompleta favorecem o acúmulo no solo e ampliam as preocupações quanto à interação dessas partículas com plantas e organismos e à possível transferência ao longo da cadeia alimentar (Zhang *et al*., 2023; Huang *et al.*, 2024).

No Brasil, a gestão desses resíduos apresenta dificuldades adicionais. Filmes de baixa densidade podem ser retirados do campo contendo solo, restos vegetais e outros materiais aderidos, dificultando a limpeza e a reciclagem e reduzindo seu valor econômico. Essas limitações podem favorecer práticas inadequadas, como abandono, descarte irregular e queima, evidenciando a necessidade de planejar a destinação dos materiais após sua utilização (Rodrigues *et al.*, 2022; França *et al.*, 2024).

Como alternativa, filmes biodegradáveis têm sido investigados para preservar benefícios do *mulching* e reduzir a permanência de resíduos plásticos no ambiente (Sintim et al., 2023). Entretanto, sua degradação depende das características do solo, das condições climáticas e do manejo, tornando necessária a avaliação de seu desempenho em diferentes sistemas produtivos (Bandopadhyay *et al.*, 2023).

Além da substituição dos polímeros convencionais, medidas como recolhimento pós-uso, reutilização, reciclagem e economia circular podem reduzir a quantidade de resíduos deixados nas áreas agrícolas (França *et al.,* 2024). Essas ações devem estar associadas ao desenvolvimento de tecnologias capazes de conciliar eficiência agronômica e redução dos impactos ambientais (Rillig *et al*., 2023).

Assim, embora a plasticultura favoreça a eficiência hídrica, o manejo e a produtividade, sua sustentabilidade depende de estratégias adequadas de recuperação e destinação dos resíduos. A melhoria dos sistemas de coleta e reciclagem e o desenvolvimento de materiais de menor

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

persistência ambiental são fundamentais para reduzir os impactos sem comprometer os benefícios agronômicos dessa tecnologia (Rillig *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024).

3.2 Resíduos plásticos agrícolas: geração, destinação e desafios de gerenciamento

A expansão da plasticultura tem aumentado a diversidade e a quantidade de materiais poliméricos utilizados nos sistemas agrícolas. Entre os principais estão o polietileno de baixa densidade (PEBD), o polietileno de alta densidade (PEAD) e o policloreto de vinila (PVC), empregados em filmes de cobertura, *mulching*, mangueiras de irrigação, túneis e cultivos protegidos. Esses materiais favorecem a conservação da água, o controle microclimático e a eficiência produtiva (Santi *et al*., 2022; Hendges *et al.*, 2019).

O aumento do consumo, entretanto, também amplia a geração de resíduos e os desafios relacionados à sua gestão. No meio rural, a dispersão das propriedades, a diversidade dos materiais e a curta vida útil de determinados produtos dificultam o recolhimento, armazenamento, transporte e destinação adequada (Rodrigues *et al.*, 2022; Hildebrand Júnior; Pereira, 2023). Durante o uso, a exposição à radiação ultravioleta, às variações térmicas e ao contato com solo, fertilizantes e defensivos favorece a degradação dos polímeros. Processos como a foto-oxidação reduzem sua resistência e promovem fissuras e fragmentação, dificultando a recuperação dos materiais e contribuindo para a formação e permanência de partículas plásticas no ambiente agrícola (Ding *et al.*, 2022; Padilha Neto *et al.*, 2024).

A incorporação dessas partículas ao solo pode alterar atributos como porosidade, retenção de água e atividade microbiana. A escassez de estudos de longo prazo no Brasil, entretanto, ainda limita a compreensão da magnitude desses impactos e evidencia a necessidade de ampliar o monitoramento em áreas agrícolas (Padilha Neto *et al.,* 2024; Hendges *et al.*, 2019).

No Brasil, a gestão desses resíduos está inserida na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Um exemplo de sua aplicação é a logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos, coordenada pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), demonstrando a importância da articulação entre produtores e demais agentes da cadeia para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos (Aragão; Veloso, 2014; Rodrigues *et al.*, 2022).

Entretanto, outros materiais agrícolas, como filmes de *mulching*, lonas e componentes de irrigação, ainda enfrentam limitações de coleta e reciclagem. A presença de solo, matéria orgânica e resíduos químicos dificulta o processamento e eleva os custos da reciclagem,

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

podendo favorecer práticas inadequadas como abandono, enterramento e queima, com riscos de contaminação do solo, da água e da atmosfera (Hendges *et al*., 2019; Hildebrand Júnior; Pereira, 2023).

Nesse contexto, princípios da economia circular, associados ao fortalecimento da logística reversa, à implantação de estruturas de triagem, à recuperação dos materiais e ao uso de alternativas biodegradáveis, podem contribuir para reduzir a incorporação de resíduos ao ambiente. Sua efetividade, contudo, depende de soluções tecnológicas, instrumentos regulatórios, incentivos econômicos e ações de educação ambiental voltadas aos produtores (Hildebrand Júnior; Pereira, 2023; Padilha Neto *et al.*, 2024).

Assim, a gestão dos resíduos plásticos agrícolas envolve aspectos ambientais, produtivos, econômicos e institucionais. A integração entre inovação tecnológica, regulamentação, reciclagem, logística reversa e participação dos diferentes agentes da cadeia produtiva é fundamental para reduzir a permanência desses materiais nas áreas cultivadas e tornar a plasticultura mais sustentável (Rodrigues *et al.,* 2022; Hendges *et al*., 2019).

3.3 Origem e processos de formação de microplásticos no ambiente edáfico

A ocorrência de microplásticos no solo resulta de diferentes fontes e processos de transformação dos materiais poliméricos. Essas partículas podem ser introduzidas diretamente no ambiente ou formadas pela fragmentação de resíduos maiores. Nos sistemas agrícolas, destacam-se filmes de cobertura, estruturas de cultivo protegido e componentes de irrigação expostos continuamente às condições ambientais (Li *et al.*, 2022; Kang *et al.*, 2025).

Outras fontes incluem a aplicação de lodo de esgoto e fertilizantes orgânicos contendo partículas plásticas, que podem introduzir esses contaminantes nas áreas cultivadas (En-Nejmy *et al.,* 2024). A deposição atmosférica também contribui para sua dispersão, permitindo o transporte a longas distâncias. Paralelamente, o descarte inadequado favorece a permanência e a fragmentação dos resíduos, associando fontes locais a processos de dispersão mais amplos (Kang *et al.*, 2025).

Após sua incorporação ao ambiente, os polímeros são submetidos a processos físicos, químicos e biológicos de degradação. Radiação ultravioleta, variações térmicas e abrasão mecânica promovem fissuras e desgaste, enquanto reações de oxidação aumentam sua fragilidade. A colonização por microrganismos e a formação de biofilmes também participam desse processo, embora a degradação completa dos polímeros seja geralmente lenta em condições naturais (Xiang *et al*., 2023; Zhai *et al.*, 2023).

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

A fragmentação não implica necessariamente a degradação completa do material. Partículas menores podem persistir e continuar se fragmentando, originando inclusive nanoplásticos e ampliando os riscos relacionados à sua mobilidade no ambiente (Nath *et al.*, 2024). Mesmo materiais biodegradáveis podem apresentar decomposição incompleta quando as condições ambientais não são favoráveis, resultando na permanência de fragmentos no solo (Feng *et al.*, 2023).

A movimentação de raízes, minhocas e outros organismos edáficos também pode favorecer a fragmentação e o transporte das partículas entre as camadas do solo (Rillig *et al.,* 2017). Além disso, sua interação com os agregados pode modificar a organização e a estabilidade estrutural do ambiente edáfico (Lehmann *et al.*, 2021). Os microplásticos também podem interferir nas comunidades microbianas, com repercussões sobre a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (De Souza Machado *et al.,* 2019). Alterações na atividade de enzimas do solo reforçam a possibilidade de modificações nas interações entre microrganismos, matéria orgânica e componentes minerais (Cheng *et al.*, 2024).

A identificação e a quantificação dessas partículas constituem outro desafio. A heterogeneidade do solo e a diversidade de tamanhos, formas e tipos de polímeros dificultam sua separação e caracterização. Além disso, diferenças metodológicas e a ausência de padronização limitam a comparação entre estudos e a avaliação da extensão da contaminação (Gündoğdu *et al.*, 2025; Wesołowska *et al.,* 2025). Compreender o transporte e o destino dessas partículas também é fundamental para avaliar sua redistribuição no perfil do solo e sua transferência para outros compartimentos ambientais (Sun *et al.*, 2022).

Assim, a presença de microplásticos no solo resulta da interação entre fontes agrícolas e não agrícolas, transporte atmosférico, descarte inadequado e processos físicos, químicos e biológicos de degradação. Essa complexidade reforça a necessidade de medidas voltadas tanto à redução das fontes quanto ao controle da permanência desses resíduos, além de pesquisas que subsidiem práticas de manejo e políticas de mitigação da poluição plástica em solos agrícolas (Kang *et al.*, 2025; Luo *et al.,* 2025; En-Nejmy *et al.*, 2024; Nath *et al.*, 2024).

3.4 Microplásticos no solo: distribuição e efeitos sobre a qualidade edáfica

A presença de microplásticos nos solos tem adquirido crescente relevância ambiental em razão da persistência dessas partículas e da diversidade de fontes responsáveis por sua incorporação aos ecossistemas terrestres. Em áreas agrícolas, fertilizantes orgânicos contaminados, irrigação com águas contendo partículas plásticas e resíduos provenientes das próprias atividades produtivas constituem importantes vias de entrada desses materiais (En-

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

Nejmy *et al.*, 2024; Ng *et al.*, 2022). A incorporação contínua, associada à baixa taxa de degradação, favorece o acúmulo ao longo do tempo e pode transformar o solo em importante reservatório ambiental de microplásticos (Kang *et al.*, 2025).

Uma vez incorporadas, essas partículas não permanecem distribuídas uniformemente. Sua movimentação e concentração são condicionadas pelas práticas de manejo, pelas características físicas do solo e por processos ambientais, incluindo vento e escoamento superficial (Chen *et al.*, 2025; Tayyab *et al.*, 2024). Propriedades inerentes aos próprios microplásticos, como tamanho e densidade, também interferem na mobilidade e na possibilidade de redistribuição ao longo do perfil edáfico (Gündoğdu *et al.*, 2025).

O comportamento dessas partículas pode ainda ser modificado durante sua permanência no ambiente. O tempo de exposição, a origem do material e os processos de intemperismo e degradação alteram gradualmente as características dos resíduos plásticos (Wu *et al.,* 2022). Além disso, a interação de sua superfície com substâncias presentes no ambiente pode resultar na formação de uma denominada “eco corona”, capaz de modificar propriedades superficiais e influenciar as interações químicas e biológicas dos microplásticos no solo (Gao *et al.,* 2022).

Sob o ponto de vista físico, a incorporação de partículas plásticas pode interferir na organização estrutural do solo. Modificações na porosidade, densidade e retenção de água podem alterar simultaneamente a dinâmica hídrica e a circulação de gases, com possíveis repercussões sobre o desenvolvimento vegetal (Machado *et al.*, 2019). A presença dessas partículas também pode afetar os processos de agregação e a estabilidade dos agregados, demonstrando que seus efeitos dependem não apenas da quantidade acumulada, mas também das características das partículas e do ambiente no qual estão inseridas (Kang *et al.*, 2025).

As alterações não se restringem aos atributos físicos. A superfície dos microplásticos pode estabelecer interações com metais e diferentes compostos orgânicos presentes no solo. A adsorção dessas substâncias pode modificar sua disponibilidade e mobilidade, permitindo que as partículas plásticas atuem como potenciais transportadores de contaminantes no ambiente edáfico (En-Nejmy *et al*., 2024; Ng *et al.*, 2022). Essa característica amplia a complexidade da poluição, pois associa a presença física dos resíduos à possibilidade de interação com outras formas de contaminação química.

No componente biológico, modificações na atividade e na diversidade das comunidades microbianas podem repercutir sobre processos essenciais ao funcionamento do solo, entre eles a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Li *et al.,* 2023). Os efeitos podem atingir também organismos da fauna edáfica. Minhocas, por exemplo, podem ingerir

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

partículas plásticas presentes no ambiente, situação associada a alterações fisiológicas e comportamentais que podem comprometer suas funções ecológicas (Zhang *et al.*, 2023).

A ocorrência simultânea dessas alterações evidencia que os impactos dos microplásticos devem ser compreendidos de maneira integrada. Modificações na estrutura e no regime hídrico do solo podem interagir com alterações químicas e biológicas, repercutindo sobre a disponibilidade de nutrientes, a atividade microbiana e o desenvolvimento vegetal. Consequentemente, a exposição contínua pode representar um fator adicional de pressão sobre a fertilidade e a capacidade produtiva dos solos agrícolas (Tayyab *et al.*, 2024; Chen *et al.,* 2025).

3.5 Microplásticos como vetores de contaminantes e riscos à cadeia trófica

A presença simultânea de resíduos plásticos e diferentes substâncias químicas nos sistemas agrícolas amplia a complexidade dos processos de contaminação do solo. A utilização intensiva de agrotóxicos, associada à geração e ao descarte inadequado de materiais poliméricos, estabelece condições favoráveis à coexistência desses contaminantes no ambiente edáfico (Souza, 2020; Pimentel, 2023). Além dos resíduos provenientes de filmes de *mulching*, sistemas de cultivo e embalagens agrícolas, outras fontes, como lodo de esgoto e determinados fertilizantes, podem contribuir para a entrada de partículas plásticas nas áreas cultivadas (Pimentel, 2023).

A dispersão dos microplásticos, entretanto, não está limitada aos ambientes agrícolas. Diferentes atividades humanas contribuem para sua liberação e transporte entre os compartimentos ambientais, incluindo produtos de uso cotidiano que podem liberar partículas posteriormente conduzidas pelos sistemas de esgotamento e alcançar ambientes aquáticos e terrestres. Essa ampla circulação ajuda a explicar o reconhecimento atual dos microplásticos como contaminantes de distribuição global, embora seus efeitos biológicos e químicos, especialmente em ecossistemas terrestres e de água doce, ainda apresentam importantes lacunas de conhecimento (Belo *et al.*, 2021; Rani-Borges *et al.,* 2022).

Uma característica particularmente relevante dessas partículas é sua capacidade de interagir com substâncias presentes no meio. A superfície dos microplásticos pode funcionar como local de sorção para diferentes contaminantes, possibilitando a associação com compostos químicos e sua posterior redistribuição ambiental. Entre as substâncias relatadas encontram-se fármacos, incluindo compostos antimicrobianos e cardiovasculares, demonstrando que as partículas plásticas podem participar do transporte de contaminantes para diferentes compartimentos ambientais e organismos (Parente, 2025; Rani-Borges *et al*., 2022).

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

As transformações sofridas pelos polímeros durante sua permanência no ambiente também interferem nessas interações. A degradação física e química pode modificar as características superficiais das partículas e favorecer a liberação de componentes originalmente presentes nos materiais, como aditivos e monômeros (Rani-Borges *et al.*, 2022). Paralelamente, a fragmentação progressiva pode originar partículas de dimensões ainda menores, incluindo nanoplásticos. A redução do tamanho aumenta a superfície específica e pode favorecer a interação e a penetração dessas partículas nos organismos, ampliando as preocupações relacionadas aos seus efeitos ambientais (Souza, 2020).

Essa capacidade de associação entre partículas plásticas e substâncias potencialmente tóxicas torna particularmente relevante a investigação de exposições combinadas. Em áreas agrícolas, microplásticos e agrotóxicos podem coexistir por períodos prolongados, mas os efeitos ecológicos resultantes dessa interação ainda não estão completamente esclarecidos, especialmente para grupos da fauna edáfica como os microartrópodes (Pimentel, 2023).

A relevância desses organismos decorre de sua participação em processos fundamentais para o funcionamento do solo, incluindo fragmentação da matéria orgânica, estruturação do ambiente edáfico e ciclagem de nutrientes. Alterações em sua abundância, comportamento ou atividade podem, portanto, repercutir sobre processos ecológicos mais amplos. A persistência dos contaminantes e a possibilidade de sua incorporação pelos organismos reforçam a necessidade de compreender não apenas os efeitos individuais dos microplásticos, mas também sua interação com outros compostos presentes nos sistemas agrícolas (Parente, 2025; Pimentel, 2023).

Nesse contexto, os riscos associados aos microplásticos ultrapassam sua presença física no solo. Sua capacidade de interagir com contaminantes, ser ingeridos por organismos e sofrer fragmentação progressiva estabelece diferentes possibilidades de transferência entre componentes do ecossistema. A compreensão desses mecanismos é essencial para avaliar a exposição ao longo das relações tróficas e suas possíveis implicações para a qualidade ambiental e a segurança dos sistemas de produção de alimentos (Souza, 2020; Rani-Borges *et al*., 2022).

3.6 Mitigação da poluição plástica em sistemas agrícolas: alternativas e desafios

A mitigação dos impactos dos resíduos plásticos na agricultura exige medidas que considerem aspectos ambientais, produtivos, econômicos e institucionais. Embora os materiais poliméricos contribuam para a eficiência dos sistemas agrícolas, sua permanência no ambiente

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

pode alterar propriedades do solo e processos relacionados à dinâmica da água, à atividade microbiana e à ciclagem de nutrientes (Silva *et al.*, 2021; Ferreira; Cerri, 2019).

Entre as alternativas, destacam-se os materiais biodegradáveis, especialmente filmes para cobertura do solo, que podem reduzir o acúmulo de resíduos em sistemas agrícolas intensivos (Costa *et al.*, 2020). Entretanto, sua degradação depende de fatores como temperatura, umidade e atividade microbiana, podendo apresentar comportamento distinto em condições de campo (Souza *et al.*, 2022). Além disso, a classificação como biodegradável não garante decomposição completa, reforçando a necessidade de critérios técnicos e regulatórios mais claros para esses materiais (Abreu; Martins, 2021).

No âmbito institucional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, mas sua aplicação aos plásticos agrícolas ainda enfrenta limitações, principalmente pela insuficiência de sistemas de logística reversa em áreas rurais (Zanin; Mancini, 2019). A dispersão das propriedades e os custos de coleta e processamento dificultam a recuperação desses resíduos. Nesse contexto, incentivos fiscais, subsídios e outros instrumentos econômicos podem estimular a reciclagem e ampliar a efetividade das políticas de gerenciamento (Oliveira; Leite, 2020).

A economia circular também constitui uma alternativa ao priorizar a redução do consumo, a reutilização e a reinserção dos materiais na cadeia produtiva. Contudo, sua adoção no setor agrícola depende de condições técnicas, econômicas e sociais, além do acesso dos produtores à informação e à assistência especializada (Santos *et al*., 2021). A existência de mercados para os materiais recuperados também é fundamental, pois os custos de coleta, limpeza e transporte podem inviabilizar economicamente a reciclagem (Geyer *et al.,* 2017).

O aprimoramento das tecnologias de reciclagem representa outra estratégia relevante. A reciclagem mecânica enfrenta dificuldades devido à presença de solo, matéria orgânica e agroquímicos nos resíduos agrícolas, além da perda de propriedades dos polímeros ao longo dos ciclos de reprocessamento (Mancini; Zanin, 2020). A reciclagem química pode converter resíduos em matérias-primas para novos processos industriais, embora os custos e a disponibilidade tecnológica ainda limitem sua aplicação em maior escala no Brasil (Almeida *et al*., 2022). Estratégias envolvendo microrganismos capazes de atuar na degradação de polímeros também vêm sendo estudadas, mas permanecem predominantemente em estágio experimental (Fernandes *et al.,* 2023).

Nenhuma dessas alternativas, isoladamente, é suficiente para solucionar o problema. Materiais biodegradáveis apresentam limitações de degradação; instrumentos regulatórios dependem de implementação efetiva; a economia circular requer viabilidade logística e

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

econômica; e as tecnologias de reciclagem ainda enfrentam obstáculos específicos dos resíduos agrícolas (Sintim *et al.*, 2023; Geyer *et al.*, 2017; Zanin; Mancini, 2019).

Assim, a mitigação da poluição plástica na agricultura requer uma abordagem integrada, envolvendo redução da geração de resíduos, materiais de menor impacto, recolhimento pós-uso, logística reversa, reciclagem, inovação tecnológica e capacitação dos produtores. A articulação dessas medidas com políticas públicas e instrumentos econômicos é essencial para reduzir o acúmulo de plásticos no solo e conciliar os benefícios da plasticultura com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Rillig *et al*., 2023; Rodrigues *et al.*, 2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura evidencia que os materiais plásticos contribuem para a modernização dos sistemas agrícolas, especialmente pela conservação da água, controle das condições de cultivo e eficiência produtiva. Entretanto, a expansão da plasticultura também amplia a geração de resíduos, cuja permanência e fragmentação favorecem o acúmulo de microplásticos no solo.

Essas partículas podem ter origem tanto nos materiais utilizados diretamente na agricultura quanto em outras fontes, como fertilizantes orgânicos, lodo de esgoto, irrigação e deposição atmosférica. Sua persistência e mobilidade no perfil do solo dificultam o controle da contaminação e podem provocar alterações em atributos físicos, químicos e biológicos, incluindo porosidade, retenção de água, atividade microbiana e dinâmica de nutrientes. Além disso, sua capacidade de interagir com outros contaminantes amplia os potenciais riscos ambientais.

No Brasil, a gestão pós-uso ainda constitui um desafio, principalmente para filmes de cobertura, lonas e componentes de irrigação, cuja coleta e reciclagem são dificultadas pela contaminação com solo, matéria orgânica e produtos químicos. Nesse cenário, materiais biodegradáveis, logística reversa, reciclagem e economia circular representam alternativas importantes, embora dependam de condições técnicas, econômicas e institucionais adequadas.

Portanto, a sustentabilidade da plasticultura requer uma abordagem integrada que contemple todo o ciclo de vida dos materiais. O fortalecimento das políticas públicas e da logística reversa, o desenvolvimento de materiais de menor impacto, o avanço das tecnologias de reciclagem e a capacitação dos produtores são fundamentais para reduzir a contaminação dos solos agrícolas. Também são necessárias pesquisas de longo prazo e maior padronização dos métodos de identificação e quantificação de microplásticos, contribuindo para práticas agrícolas que conciliem produtividade e conservação ambiental.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

REFERÊNCIAS

ABREU, M. C. S.; MARTINS, E. S. Consumo sustentável e rotulagem ambiental de plásticos. Revista de Administração Pública, 2021.

ALMEIDA, F. S. *et al*. Reciclagem química de polímeros: avanços e perspectivas. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 2022.

ARAGÃO, C. A.; VELOSO, M. C. C. Resíduos sólidos: impactos ambientais e possibilidades de manejo sustentável. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3803–3812, 2014.

BANDOPADHYAY, S. *et al.* Biodegradable plastic mulch films: impacts on soil and crop production. Soil Use and Management, v. 39, n. 2, p. 456–470, 2023.

BELO, I. C. B. *et al.* Microplásticos, seus impactos no ambiente e maneiras biodegradáveis de substituição. Revista Internacional de Ciências, v. 11, n. 2, p. 214–228, 2021.

CHENG, Y. *et al*. Response of soil biochemical properties to microplastics pollution. Scientific Reports, v. 14, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-80124-8

CHEN, Z. *et al.* Microplastics in soil-plant systems: current knowledge, research gaps and future directions for agricultural sustainability. Agronomy, v. 15, n. 7, p. 1519, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy15071519

COSTA, J. P. *et al.* Biodegradable mulch films in agriculture: impacts and challenges. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2020.

COWGER, W. *et al.* Microplastic spectral classification needs an open source community: Open Specy to improve transparency and comparability. Analytical Chemistry, v. 93, n. 21, p. 7543–7548, 2021. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c00123

DE SOUZA MACHADO, A. A. *et al*. Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. Environmental Science & Technology, v. 56, n. 5, p. 2784–2795, 2022.

DING, J. *et al.* Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. Environmental Pollution, v. 294, 2022.

EN-NEJMY, K. *et al.* Microplastics in soil: a comprehensive review of occurrence, sources, fate, analytical techniques and potential impacts. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 288, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117332

FEI, Y. *et al.* Response of soil enzyme activities and bacterial communities to microplastics accumulation. Science of the Total Environment, v. 707, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135634

FENG, S. *et al.* Occurrence and degradation of biodegradable microplastics in soil environments. Science of the Total Environment, v. 875, 2023.

FERNANDES, G. R. *et al*. Biodegradação de polímeros por microrganismos. Química Nova, 2023.

FERREIRA, A. S.; CERRI, C. E. P. Impactos de resíduos plásticos no solo agrícola. Bragantia, 2019.

FRANÇA, L. S. *et al.* Desafios da gestão de resíduos poliméricos na fruticultura irrigada: uma revisão sistemática. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2024.

FRANÇA, R. A. *et al.* Development of mulch films from biodegradable polymer and agro-industrial waste. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 34, 2024.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

GAO, H.; YAN, C.; LIU, Q. *et al.* Formation and environmental implications of the eco-corona on microplastics. Science of the Total Environment, v. 806, 2022.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, 2017.

HENDGES, A. S. *et al.* Logística reversa de embalagens de agrotóxicos. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 13, n. 3, p. 58–75, 2019.

HIDALGO-RUZ, V. *et al.* Microplastics in the marine environment: identification and quantification. Environmental Science & Technology, v. 46, 2012.

HILDEBRAND JÚNIOR, F. A.; PEREIRA, R. S. Sustentabilidade e descarte de plásticos na horticultura. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2023.

HUANG, Y. *et al.* Microplastics in agricultural soils: sources, effects and management. Journal of Hazardous Materials, 2024.

HUERTA LWANGA, E. *et al.* Microplastics in terrestrial ecosystem. Environmental Science & Technology, 2016.

KANG, Q. *et al.* Microplastics in soils: a comprehensive review. Science of the Total Environment, 2025.

LEHMANN, A. *et al.* Microplastics effects on soil aggregation. Microplastics and Nanoplastics, 2021.

LI, H. *et al.* Microplastic effects on soil system parameters: a meta-analysis. Environmental Science and Pollution Research, 2022.

LI, S. *et al.* Microplastics in soil–plant system. Journal of Hazardous Materials, 2023.

LI, Y. *et al*. Soil microbial community parameters affected by microplastics. Frontiers in Microbiology, 2023.

LUO, H. *et al.* Degradation of microplastics in the natural environment. Journal of Environmental Management, 2025.

MACHADO, A. A. S. *et al.* Microplastics can change soil properties. Environmental Science & Technology, 2019.

MANCINI, S. D.; ZANIN, M. Reciclagem de materiais plásticos no Brasil. Revista Matéria, 2020.

MANSOOR, S. *et al.* Plastic mulch in agriculture. Agronomy, 2022.

NATH, S. *et al.* Microplastics in soil: impacts and sustainability. Journal of Environmental Quality, 2024.

NG, E. L. *et al.* Microplastic pollution in agroecosystems. Science of the Total Environment, 2022.

OLIVEIRA, L. G.; LEITE, M. S. Políticas públicas ambientais no Brasil. Revista de Gestão Ambiental, 2020.

PADILHA NETO, J. J. *et al.* Microplásticos na agricultura brasileira. Ciência Rural, 2024.

PARENTE, G. S. Deposição de microplásticos. 2025. Dissertação (Mestrado) – UFC.

PIMENTEL, T. F. Avaliação de microplásticos. 2023. Dissertação – UFT.

QI, Y. *et al.* Microplastics in agricultural soils. Science of the Total Environment, 2022.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

RANI-BORGES, B.; POMPÊO, M. Microplásticos como transportadores de poluentes. In: Microplásticos nos ecossistemas, 2022.

RENNER, G. *et al.* Analytical methodologies for microplastics. Current Opinion in Environmental Science & Health, 2018.

RILLIG, M. C. *et al.* Microplastic effects on soil organisms. Annual Review of Environment and Resources, 2023.

RODRIGUES, L. S. *et al.* Logística reversa rural. Revista de Economia e Sociologia Rural, 2022.

SALAMA, E. S.; GEYER, R. Agricultural plastics. Journal of Cleaner Production, 2023.

SANTI, T. L. *et al.* Plasticultura e sustentabilidade. Polímeros, 2022.

SANTOS, R. M. *et al.* Gestão de resíduos rurais. Ambiente & Sociedade, 2021.

SILVA, J. V. *et al.* Microplásticos em solos agrícolas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2021.

SINTIM, H. Y. *et al.* Biodegradable plastic mulch films. Soil Biology and Biochemistry, 2023.

SOUZA, G. R. Poluição por microplásticos. 2020. Dissertação – UFAM.

SOUZA, T. A. *et al.* Degradação de plásticos biodegradáveis. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 2022.

SUN, X. *et al.* Fate and transport of microplastics in terrestrial ecosystems: A review. Science of the Total Environment, v. 806, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150843

SUN, Y. *et al.* Microplastics in soils: fate and transport. Journal of Cleaner Production, 2022.

TAYYAB, M. *et al.* Microplastics in agroecosystems: soil–plant dynamics and effective remediation approaches. Chemosphere, 2024.

WANG, J. *et al.* Effects of microplastics on earthworms. Science of the Total Environment, 2021.

WESOŁOWSKA, A. *et al.* Detection of microplastics in soils. Microplastics and Nanoplastics, 2025.

WU, X. *et al.* Biodegradation of microplastics. Journal of Hazardous Materials, 2022.

XIANG, P.; ZHANG, T.; WU, Q.; LI, Q. Systematic Review of Degradation Processes for Microplastics: Progress and Prospects. Sustainability, v. 15, n. 17, 2023. DOI: 10.3390/su151712698.

YAO, S. *et al*. Soil metabolome and microplastics. Environmental Science & Technology, 2023.

YU, H. *et al.* Effects of microplastics on soil properties. Environmental Pollution, 2022.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. Resíduos plásticos e reciclagem. São Carlos: EdUFSCar, 2019.

ZHANG, D. *et al.* Plastic pollution in croplands. Global Change Biology, 2022.

ZHANG, G. *et al.* Microplastics contamination in soils. Journal of Hazardous Materials, 2023.

ZHANG, Z. *et al.* Microplastics in soil: occurrence and risks. Environmental Pollution, 2022.

ZHAI, X.; ZHANG, X.-H.; YU, M. Microbial colonization and degradation of marine microplastics in the plastisphere: A review. Frontiers in Microbiology, v. 14, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1127308.