

Luã Kramer de Oliveira

Ciência, agrotóxicos e saúde: um diálogo entre a epistemologia de Imre Lakatos e a obra
Primavera Silenciosa de Rachel Carson

Rio de Janeiro

2022

Luã Kramer de Oliveira

Ciência, agrotóxicos e saúde: um diálogo entre a epistemologia de Imre Lakatos e a obra
Primavera Silenciosa de Rachel Carson

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Saúde Pública. Área de concentração: Determinação dos processos saúde-doença: produção/trabalho, território e direitos humanos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Fadel de Vasconcellos.

Coorientadores: Prof. Dr. Fernando Salgueiro Passos Telles e Prof. Dr. Wanderlei Antonio Pignati.

Rio de Janeiro

2022

Título do trabalho em inglês: Science, pesticides and health: a dialogue between Imre Lakatos' epistemology and Rachel Carson's Silent Spring.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Catálogo na fonte
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde
Biblioteca de Saúde Pública

O48c Oliveira, Luã Kramer de.
Ciência, agrotóxicos e saúde: um diálogo entre a epistemologia de Imre Lakatos e a obra Primavera Silenciosa de Rachel Carson / Luã Kramer de Oliveira. — 2022.
124 f.

Orientador: Luiz Carlos Fadel de Vasconcellos.
Coorientadores: Fernando Salgueiro Passos Telles e Wanderlei Antonio Pignati.
Tese (doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2022.

1. Agroquímicos. 2. Saúde. 3. Ciência. 4. Meio Ambiente. 5. Imre Lakatos. 6. Rachel Carson. I. Título.

CDD – 23.ed. – 632.95

Luã Kramer de Oliveira

Ciência, agrotóxicos e saúde: um diálogo entre a epistemologia de Imre Lakatos e a obra
Primavera Silenciosa de Rachel Carson

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Saúde Pública. Área de concentração: Determinação dos processos saúde-doença: produção/trabalho, território e direitos humanos.

Aprovada em: 05 de agosto de 2022.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Marta Gislene Pignatti
Universidade Federal de Mato Grosso

Profa. Dra. Rosângela Gaze
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Eguimar Felício Chaveiro
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Ricardo Junior de Assis Fernandes Gonçalves
Universidade Estadual de Goiás

Prof. Dr. Wanderlei Antonio Pignati (Coorientador)
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof. Dr. Fernando Salgueiro Passos Telles (Coorientador)
Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Prof. Dr. Luiz Carlos Fadel de Vasconcellos (Orientador)
Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Rio de Janeiro

2022

*Dedicado a todas as vítimas da guerra química contra a natureza e contra o próprio ser humano.
Para que um dia possamos evitar todo o sofrimento vivido pelas pessoas atingidas direta e indiretamente por essa guerra.*

AGRADECIMENTOS

A minha companheira de vida, Mara, devo gigantesca gratidão. Desde a seleção do doutorado me incentivou, esteve do meu lado, fez importantes leituras e contribuições ao meu trabalho, suportou meus estresses e me apoiou de inúmeras formas. Tudo o que fez por mim durante o doutorado não tem outro nome, senão a demonstração de profundo amor.

Aos meus pais, Dinorá e Sérgio, que são a base da minha formação humana e estão sempre me apoiando nos meus projetos pessoais. Se hoje vejo o mundo buscando entendê-lo de forma crítica e transformá-lo por mais justiça e igualdade, devo a vocês que desde criança sempre me fizeram pensar de forma humilde e solidária frente aos problemas sociais.

Aos meus orientadores: Fadel, Fernando e Pignati. O Fadel é um presente que o universo me deu. Conhecê-lo e tê-lo como orientador foi uma experiência extraordinária. Sua sensibilidade, perspicácia e criatividade são admiráveis, que levarei pra sempre comigo, juntamente com os encontros étlicos alegres e reflexivos que tivemos durante o doutorado.

Graças ao Fadel, conheci o Fernando. Fernando me levou para um mundo até então pouco conhecido por mim, da filosofia da ciência. Sempre muito paciente e atencioso, conseguiu, por meio de suas palavras filosóficas, abrir meus olhos para ver o conhecimento científico não apenas como produto das ideologias em disputa na sociedade, mas também como resultado de esforços racionais honestos na busca de ampliar os conhecimentos de nosso mundo, e que podemos estudar a ciência observando todos esses aspectos.

Ao Pignati, por me inspirar como pesquisador militante, com sua permanente inquietude frente às injustiças socioambientais e sua imensa inteligência científica e política. Essa tese é resultado também de sua insistência em ampliar o olhar nos estudos sobre os agrotóxicos, estudando os impactos sócio-sanitários-ambientais com detalhe e qualidade, mas sempre observando o contexto social e político, que é por onde se realizam as ações de transformação da realidade.

Ao Renato Bonfatti (*in memoriam*), que me acolheu na ESNP, me recebendo de sorriso irradiante e braços abertos (literalmente), sempre me ouvindo e indicando conselhos para a minha tese e meus estudos. À Luciene Aguiar que, junto com o Renato e Fadel, me apresentou ao Fórum Intersindical de Saúde-Trabalho-Direito do Rio de Janeiro (uma iniciativa sensacional), e foi uma parceira importante de conversas e bares durante o tempo que passei no Rio.

A Elvira Maciel, professora querida que me identifiquei muito, pelo seu posicionamento político e filosófico, sou grato pelos ensinamentos nas disciplinas “Saúde Coletiva e Saúde Ambiental” e “Filosofia e epistemologia da saúde”, pelo suporte como estagiário docente nessas disciplinas e pelas fundamentais contribuições na banca de qualificação do projeto de doutorado.

À Carol Scopel, companheira de militância e colega de turma, pela acolhida no Rio. Sua receptividade e disposição, ao dividir seu apartamento e ajudar em tantas coisas, foi muito essencial para os primeiros anos que passei no Rio. Sem o seu apoio e companheirismo teria sido muito mais difícil atravessar o período de aulas e seminários do doutorado.

Aos colegas da turma de doutorado, em especial ao grupo da linha de “Determinação” – Jacqueline, Bruno, Fátima, Lucinéia, Mabel, Patrícia e Paula – pelas discussões filosóficas, contribuições no projeto de pesquisa e pelos ótimos momentos de lazer no samba do trabalhador e no karaokê em São Cristóvão.

Aos amigos de Cuiabá, sobretudo Bruno, Maurício e Maelison, pelos momentos de acolhida, suporte emocional e descontração, principalmente na reta final da tese, em meio à pandemia e tensão psicológica. E ao meu psicólogo, Victor Hugo, que vem me ajudando a entender e lidar com os sofrimentos vivenciados nesse período de doutorado, pandemia e trabalho docente.

“Toda revolução é impossível, até que se torne inevitável”
(LEON TROTSKY)

*“Mostrei o refrão pros irmão, logo geral concordou
Que é necessário voltar ao começo
Quando os caminhos se confundem, é necessário voltar ao começo
Não sabe pra onde ir? Tem que voltar pro começo
Pra não perder o rumo, não pode esquecer do começo”*
(Intro [É Necessário Voltar Ao Começo],
canção de Emicida)

*“Quem tem consciência para ter coragem
Quem tem a força de saber que existe
E no centro da própria engrenagem
Inventa contra a mola que resiste
Quem não vacila mesmo derrotado
Quem já perdido nunca desespera
E envolto em tempestade, decepado
Entre os dentes segura a primavera”*
(Primavera nos Dentes. Música de Secos e Molhados.
Composição de João Apolinário e João Ricardo)

*“Eu tô te explicando
Prá te confundir
Eu tô te confundindo
Prá te esclarecer
Tô iluminado
Prá poder cegar
Tô ficando cego
Prá poder guiar”*
(Tô, canção de Tom Zé)

RESUMO

A questão dos agrotóxicos é um dos grandes desafios para a saúde pública mundial, pois afeta populações e meio ambiente em escala global. Desde o começo do uso expansivo dos agrotóxicos, a partir da década de 1950, houve reações críticas com expressões no campo científico, como a obra “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson. O objetivo da tese é evidenciar o programa de pesquisa científica aplicada aos estudos sobre agrotóxicos e saúde na obra Primavera Silenciosa. Utilizou-se a proposta teórica da Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC) de Imre Lakatos, que analisa e descreve os processos de desenvolvimento, mudanças e revoluções das teorias científicas por meio de programas de pesquisa científica, estruturadas pelos elementos: núcleo duro, heurísticas positivas e negativas e cinturão protetor de hipóteses auxiliares. Identificou-se no livro Primavera Silenciosa o programa de pesquisa científica Ecológico (PPC Ecológico) com núcleo duro composto por quatro blocos teóricos: i) evolucionismo; ii) ecologia iii) conservacionismo; e iv) disciplinas da biologia e medicina preventiva. Esse núcleo definiu sete heurísticas negativas e seis heurísticas positivas, que orientam as hipóteses auxiliares, sistematizadas em quatro blocos de hipóteses: i) poluição do meio ambiente total da humanidade; ii) causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos; iii) crítica à segurança dos agrotóxicos; e iv) controle ecológico de espécies indesejadas. Avalia-se que houve transferência progressiva de problemas na incorporação do problema dos agrotóxicos pelo PPC Ecológico, pois observou-se a predição de fatos novos em relação aos agrotóxicos e sua interferência na saúde e no meio ambiente, e identificou-se a corroboração empírica desses fatos, demonstrando que o PPC Ecológico é progressivo. Discutiu-se a presença de PPCs concorrentes, como o PPC da entomologia aplicada e da química orgânica aplicada, que compartilham a hipótese auxiliar do controle químico de espécies indesejadas. O PPC Ecológico aponta para duas grandes questões: i) superação da relação de destruição acelerada da natureza estabelecida a partir da revolução industrial; e ii) a defesa de um modelo de agricultura e controle de espécies indesejadas baseadas na biologia e ecologia. Nas pesquisas sobre agrotóxicos, sempre deve-se considerar, entre outros fatores, a hipótese da poluição e intoxicação por agrotóxico como possível causa de impactos sobre a biodiversidade e a saúde humana em regiões de grande utilização dessas substâncias.

Palavras-chave: agrotóxicos; saúde; ciência; Imre Lakatos; Rachel Carson.

ABSTRACT

The issue of pesticides is one of the major challenges for global public health, as it affects populations and the environment on a global scale. Since the beginning of the expansive use of pesticides, starting in the 1950s, there have been critical reactions with expressions in the scientific field, such as the work “Silent Spring” by Rachel Carson. The aim of the thesis is to highlight the scientific research program applied to studies on pesticides and health in Rachel Carson's Silent Spring. The theoretical proposal of the Methodology of Scientific Research Programs (MSRP) by Imre Lakatos was used, which analyzes and describes the processes of development, changes and revolutions of scientific theories through scientific research programs, structured by the elements: hard core, positive and negative heuristics and protective belt of auxiliary hypotheses. In the book Silent Spring, the Ecological scientific research program (Ecological SRP) was identified with a hard core composed of four theoretical blocks: i) evolutionism; ii) ecology iii) conservationism; and iv) disciplines of biology and preventive medicine. This nucleus defined seven negative heuristics and six positive heuristics, which guide the auxiliary hypotheses, systematized in four blocks of hypotheses: i) pollution of humanity's total environment; ii) causality of chemical-related diseases; iii) critical to the safety of pesticides; and iv) ecological control of unwanted species. It is evaluated that there was a progressive transfer of problems in the incorporation of the problem of pesticides by the Ecological SRP, as it was observed the prediction of new facts in relation to pesticides and their interference in health and the environment, and the empirical corroboration of these facts was identified, demonstrating that the Ecological SRP is progressive. The presence of SRPs competing was discussed, such as the SRP of applied entomology and applied organic chemistry, which share the auxiliary hypothesis of chemical control of unwanted species. The Ecological SRP points to two major issues: i) overcoming the relationship of accelerated destruction of nature established since the industrial revolution; and ii) the defense of a model of agriculture and control of unwanted species based on biology and ecology. In research on pesticides, one should always consider, among other factors, the hypothesis of pollution and pesticide poisoning as a possible cause of impacts on biodiversity and human health in regions where these substances are heavily used.

Keywords: pesticides; health; science; Imre Lakatos; Rachel Carson.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Resumo esquemático do justificacionismo e suas ramificações de acordo com Lakatos (1979)	26
Figura 2 -	Resumo esquemático do falseacionismo metodológico ingênuo e sofisticado, de acordo com Lakatos (1979)	34
Figura 3 -	Diagrama interpretativo do programa de pesquisa científico (em espanhol)	35
Quadro 1 -	Lista de categorias lakatosianas para análise da lógica da pesquisa científica e reconstrução racional de programas de pesquisa científica.....	45
Figura 4 -	Elementos do núcleo duro e heurísticas negativas do programa de pesquisa científica Ecológico	49
Figura 5 -	Heurísticas positivas do PPC Ecológico e suas interrelações	63
Quadro 2 -	Hipótese auxiliar da poluição do meio ambiente total da humanidade e hipóteses auxiliares derivadas.....	67
Quadro 3 -	Hipótese auxiliar da crítica à segurança dos agrotóxicos e hipóteses auxiliares derivadas.....	73
Quadro 4 -	Hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas e hipóteses auxiliares derivadas.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DDT	Dicloro-difenil-troclorometano
ENEBio	Entidade Nacional de Estudantes de Biologia
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca
EUA	Estados Unidos da América
ISC-UFMT	Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal de Mato Grosso
MPPC	Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica
NEAST	Núcleo de Estudos Ambientais e Saúde do Trabalhador
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
OMS	Organização Mundial da Saúde
PPC	Programa de Pesquisa Científica
PPC EA	Programa de Pesquisa Científica da Entomologia Aplicada
PPC QOA	Programa de Pesquisa Científica da Química Orgânica Aplicada
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	A HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM PERSPECTIVA: IMRE LAKATOS E A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA	21
2.1	QUANDO A CIÊNCIA PERDE SEU “SUPERPODER” E É OBRIGADA A DESCER DO PEDESTAL	23
2.2	REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS: RECONHECENDO OS LIMITES DA CIÊNCIA E A BUSCA POR UMA NOVA RACIONALIDADE	27
2.2.1	Falseacionismo metodológico: contribuições de Karl Popper	28
2.2.2	Competição entre paradigmas: contribuições de Thomas Kuhn	31
2.3	A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA	35
3	OBJETIVOS	40
3.1	OBJETIVO GERAL	40
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
4	MÉTODO	41
4.1	TIPO DE ESTUDO	41
4.2	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA (MPPC)	41
4.3	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	46
5	RECONSTRUÇÃO DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA SOBRE AGROTÓXICOS	47
5.1	PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA ECOLÓGICO DE RACHEL CARSON: UMA TRANSFERÊNCIA PROGRESSIVA DO PROBLEMA AGROTÓXICO	48
5.1.1	Elementos do núcleo duro e heurísticas negativas do programa de pesquisa científica Ecológico	48
5.1.2	Heurísticas positivas do PPC Ecológico	62
5.1.3	Hipóteses auxiliares e transferência progressiva de problemas no PPC Ecológico	66

5.2	GUERRA QUÍMICA CONTRA A NATUREZA: UMA HIPÓTESE REGRESSIVA NA AGRICULTURA E NA SAÚDE PÚBLICA	79
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS: ATÉ QUANDO SEREMOS OBRIGADOS A SUPPORTAR?	91
	REFERÊNCIAS.....	95
	GLOSSÁRIO	101
	APÊNDICE – CIÊNCIA E COVID-19: A CONSTRUÇÃO DE PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA FRENTE O CONTEXTO NEGACIONISTA	104

1 INTRODUÇÃO

Como praticamente nenhum tema e objeto de tese são escolhidos aleatoriamente, nessa tese não é diferente. Há uma história coletiva e de relevância para a saúde pública no processo de construção dos mesmos, de modo que cabe apresentar brevemente esse caminho de como chegamos até eles.

Parte inicialmente da minha trajetória de vida e formação. Sou Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* Cuiabá. Durante a graduação participei ativamente do Movimento Estudantil, que me proporcionou o contato com a luta social e teorias críticas na interface socioambiental. Neste período fiz parte da Entidade Nacional de Estudantes de Biologia (ENEBio), participando de diversos movimentos e lutas, entre eles a Campanha Permanente Contra os Agrotóxicos e Pela Vida (articulação entre movimentos sociais, organizações não governamentais e instituições públicas criada em 2011 para denunciar o modelo agrícola químico-dependente e construir a transição para um modelo de produção agroecológico). Por meio de atividades desta campanha, dentro e fora da universidade, tive contato com estudantes do Núcleo de Estudos Ambientais e Saúde do Trabalhador (NEAST) da UFMT e com o professor e pesquisador Wanderlei Pignati, referência nacional e internacional em pesquisas sobre agrotóxicos.

Ingressei no NEAST e o professor Pignati, como é chamado, passou e me orientar no mestrado em Saúde Coletiva do Instituto de Saúde Coletiva da UFMT (ISC-UFMT) entre 2014 e 2016. Durante o mestrado tive contato com a área da Saúde Coletiva, pouco conhecida por mim até então, habituei-me com a dinâmica da “ciência militante” desenvolvida no NEAST, assim como pude mergulhar nos estudos sobre agrotóxicos, saúde, trabalho e meio ambiente. Tive o desafio de atuar em um projeto de pesquisa ampliado e integrado de avaliação sócio-sanitária-ambiental do impacto dos agrotóxicos em uma região de grande produção agrícola de Mato Grosso.

Na minha dissertação de mestrado, intitulada “O processo de poluição ambiental e alimentar por agrotóxicos em municípios da bacia do rio Juruena, Mato Grosso”, analisei o processo de contaminação por agrotóxicos em rios, peixes e criações bovinas, triangulando técnicas e utilizando bases teóricas críticas e dialéticas. Em março de 2016 fui selecionado para a vaga de professor substituto no Departamento de Saúde Coletiva da UFMT, onde permaneci até fevereiro de 2018. Esta experiência de trabalho em ensino e pesquisa na Saúde Coletiva, iniciado desde o mestrado, apesar de exigir grande esforço, me permitiu enorme crescimento intelectual.

Sempre morei no Cerrado brasileiro, nasci no interior de Goiás, município de Mara Rosa, e morei a maior parte da minha infância e adolescência no interior do estado de Mato Grosso, município de Sorriso, maior produtor de soja e um dos maiores consumidores de agrotóxicos do Brasil. Depois da graduação e do mestrado, morando em Cuiabá-MT, passei a encarar a realidade que vivi desde criança com outros olhos. Olhos de solidariedade à população com a qual convivo e de responsabilidade pelo conhecimento que adquiri sobre como são produzidas as mazelas vivenciadas pelos meus conterrâneos.

Desta forma, o tema desta tese de doutorado faz parte do meu cotidiano há décadas. Durante minha trajetória de formação e trabalho, passei a entender ainda mais o quão relevante é para a saúde pública se debruçar sobre a realidade do Cerrado brasileiro, na busca de transformá-lo socialmente e ambientalmente de modo a alcançar uma qualidade de vida e saúde para população nesta região.

A formulação inicial do tema desta tese tem sua origem especificamente em um projeto de pesquisa-ação mais audacioso de Vigilância em Saúde do Agronegócio. Este projeto-sonho é compartilhado por pesquisadores(as), técnicos(as) e movimentos sociais da Saúde Coletiva brasileira, que acreditam que é possível, por meio de lutas, movimentos e pesquisas permanentes e organizados em diversas frentes, alcançar a transformação das cadeias produtivas do Agronegócio (assim como de outras cadeias produtivas), de forma a conter suas facetas destrutivas da vida humana e da biota como um todo (TAMBELLINI; CÂMARA, 1998; MINAYO, 2006; AUGUSTO; FLORÊNCIO; CARNEIRO, 2005; BREILH, 2006; PIGNATI, 2007; RIGOTTO, 2011; PORTO, 2012; LEÃO; VASCONCELLOS, 2015; FRANCO NETTO *et al.*, 2017; PIGNATI; MACHADO; *et al.*, 2021).

Desta forma, o objeto inicial era o modelo de desenvolvimento do agronegócio mato-grossense, suas repercussões na inter-relação saúde-trabalho-ambiente, as resistências sociais presentes na sociedade civil e no Estado e as possibilidades de articulações para a construção da vigilância em saúde-trabalho-ambiente no agronegócio mato-grossense.

Visto o desafio científico de desenvolver uma tese com um objeto dessa magnitude em uma escala de tempo de um doutorado e com a limitação prática do trabalho de docência no ensino básico no qual realizo, avaliou-se recortá-lo, buscando uma tese viável, contudo ainda nessa perspectiva crítica e transformadora a respeito dos processos produtivos do agronegócio.

O primeiro recorte proposto foi focarmos na dimensão científica do agronegócio, considerando o acúmulo inicial na discussão epistemológica realizado na dissertação de mestrado. Desta forma, definiu-se como tema provisório: a lógica da ciência na abordagem em saúde e ambiente no contexto do agronegócio. Foi analisado que um objeto como a “epistemologia do agronegócio sobre saúde e ambiente” ainda seria grande para uma tese. O agronegócio é uma cadeia produtiva muito variada, que integra processos de produção extremamente distintos (ex. latifúndio de monocultura de algodão, agricultura familiar de fumo, mineração de fertilizantes, frigorífico de aves, indústria de óleo de soja, biodiesel de cana-de-açúcar, agrotóxicos, transgênicos etc.), inserido em um contexto de globalização (mercado internacional e financeirização). Todo esse amplo processo produtivo é sustentado cientificamente por uma vasta interdisciplinaridade, como as áreas aplicadas das ciências humanas sociais (ex. economia, administração, geografia), áreas específicas e interdisciplinares da física, química, biologia, matemática (ex. ecologia, agronomia, veterinária, bioquímica, genética, estatística, computação etc.) e suas aplicações nas diversas engenharias.

Neste sentido, avançamos na formulação de um recorte mais factível para uma tese com o tipo de estudo teórico em epistemologia. Considerando o acúmulo prático (teórico-prático) que já tenho iniciado sobre a temática dos agrotóxicos, delimitar o objeto em torno deste tema foi o caminho encontrado. Portanto, o objeto da tese foi definido como *as lógicas das pesquisas científicas sobre agrotóxicos e saúde*.

Para estudar as lógicas das pesquisas científicas, decidiu-se utilizar como base a proposta teórica de Imre Lakatos, que analisa o conteúdo científico das pesquisas, enquanto programas de pesquisa científica (LAKATOS 1979). Lakatos (1979) compreende a ciência a partir de um ponto de vista histórico, buscando seguir o desenvolvimento da construção lógica do conhecimento científico ao longo do tempo (história lógica), mesclando com a história real, ou seja, o contexto social sob a qual este conhecimento científico é produzido. Para isso, ele utiliza o modelo da Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica, que consiste em um arcabouço teórico-metodológico – amparado principalmente em contribuições e críticas epistemológicas de Karl Popper e Thomas Kuhn –, que auxilia na sistematização dos processos de desenvolvimento, mudanças e revoluções das teorias científicas (LAKATOS, 1979).

Os agrotóxicos – moléculas biocidas voltadas principalmente para o controle de espécies indesejadas na agricultura industrial e para o controle de vetores de doenças transmissíveis – e seus

problemas à saúde pública e ao meio ambiente não é um tema novo. Desde o começo do uso expansivo destas moléculas associadas à implantação da agricultura industrial a nível mundial, a partir da década de 1950, no movimento empresarial e governamental denominado Revolução Verde (SHIVA, 2003), houve diversas reações críticas com expressões no campo científico, como a marcante publicação “Primavera Silenciosa” da bióloga Rachel Carson. Nas palavras dela:

O mais alarmante de todos os ataques do ser humano ao meio ambiente é a contaminação do ar, do solo, dos rios, e dos mares com materiais perigosos e até mesmo letais. Essa poluição é na maior parte, irrecuperável; a cadeia de males que ela desencadeia, não apenas no mundo que deve sustentar, mas nos tecidos vivos, é, na maior parte, irreversível (CARSON, 2010, p. 22).

Se hoje visualizamos a presença de legislações protetivas e extensa literatura científica sobre os impactos dos agrotóxicos e substâncias químicas na saúde e meio ambiente, o livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson é, sem sombra de dúvidas, um dos grandes responsáveis por impulsionar esse movimento em todo o mundo.

Com o título original “Silent Spring”, lançado em 1962 em língua inglesa, há exatos 60 anos, o livro foi um marco não só na discussão científica sobre os efeitos dos agrotóxicos na saúde e no meio ambiente, mas também na repercussão social da obra, que impactou a sociedade estadunidense e o mundo, e representou uma importante base teórica para o nascente movimento ecologista. A relevância de “Primavera Silenciosa” no campo acadêmico se expressa, por exemplo, pela quantidade de citações, 22.064, de acordo com o portal Google Acadêmico¹.

Logo após a publicação do livro, Rachel Carson foi alvo de uma das maiores campanhas difamatórias de uma cientista no século XX. Setores da indústria química de agrotóxicos e da agricultura industrial dos EUA reagiram financiando diversos pesquisadores, publicitários e instituições governamentais para contrapô-la. Dois anos após a publicação do livro ela morreu por câncer, com 56 anos de idade, enquanto via sua obra sendo fortemente atacada (STOLL, 2012).

Considerando a proposta teórica de Lakatos e a relevância da obra Carson para os estudos sobre agrotóxicos, saúde e ambiente, formulou-se a seguinte questão para a tese: *quais são as lógicas das pesquisas científicas aplicadas aos estudos sobre agrotóxicos e saúde na obra Primavera Silenciosa de Rachel Carson?* Desse modo, o objetivo geral da tese é *evidenciar o*

¹ Busca realizada com o termo “Silent Spring” no Google Acadêmico < <https://scholar.google.com.br/>>, acessado em 23 de março de 2022.

programa de pesquisa científica aplicada aos estudos sobre agrotóxicos e saúde na obra “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson; e os objetivos específicos são: revisar a teoria de Imre Lakatos e compreender a metodologia dos programas de pesquisa científica; analisar o livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson à luz da teoria lakatosiana e identificar os elementos que constituem o programa de pesquisa científica na obra; e discutir sobre programas de pesquisa científica que fundamentam o uso de agrotóxicos.

Há extensa literatura em diversos países, tratando dos variados efeitos negativos à saúde e ao meio ambiente provocado pelos agrotóxicos (OPAS, 1996). Também chamada de *pesticide* na língua inglesa e *plaguicida* em espanhol, no Brasil estas moléculas receberam a nomenclatura “agrotóxico” e são definidas pela Lei 7.802/1989 (BRASIL, 1989).

A partir da década de 1990, a agricultura industrial se modificou significativamente, passando a denominar-se *agribusiness* ou agronegócio, incluindo no seu processo de produção, além dos agrotóxicos, outras tecnologias de alto potencial de transformação da vida e do meio ambiente, como os transgênicos. Verificou-se que a introdução desta biotecnologia gerou a ampliação do uso dos agrotóxicos, de tal forma que o Brasil, desde 2008, é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Tem-se observado, portanto, que na cadeia produtiva do agronegócio, as poluições, agravos e doenças relacionadas aos agrotóxicos têm-se apresentado como um dos impactos de maior relevância para a saúde do(a) trabalhador(a), da população e do ambiente. Neste processo agroquímico dependente, a utilização de agrotóxicos pelas empresas rurais com o objetivo de atingir o alvo ou as “pragas” (insetos, fungos ou ervas daninhas), contamina a lavoura, o ambiente, os(as) trabalhadores(as) rurais e a população do entorno (PIGNATI, 2007; CARNEIRO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A questão dos agrotóxicos é um dos grandes desafios da atualidade para a saúde pública mundial, pois afeta populações e meio ambiente em escala global (OPAS, 1996). É composta simultaneamente de dimensões econômicas, políticas, científicas, tecnológicas, sociais, sanitárias e ambientais, sendo um problema de saúde pública que podemos caracterizar como complexo, assim como os fenômenos das mudanças climáticas, Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), migração, recessão econômica, pandemia, entre outros (OPAS, 2009).

Desse modo, a questão dos agrotóxicos tem assumido grande relevância a cada dia e está em pauta no atual cenário social brasileiro. Um setor político majoritário no Congresso Nacional,

ligado às empresas rurais e à cadeia produtiva do agronegócio, chamado bancada ruralista, em aliança com o atual Governo Federal, avança rapidamente no descontrole e desregulamentação dos agrotóxicos (autorização em massa de novos produtos; alteração menos criteriosa na classificação toxicológica e nos limites de tolerância; normativas que diminuem os critérios de fiscalização; projeto de lei que altera a definição de agrotóxico e reduz o controle do mesmo; novo decreto presidencial que flexibiliza a lei federal, entre outras medidas), devido o retorno econômico e político ao agronegócio que estas medidas os trazem.

Utilizam como justificativa para essas alterações uma hipotética “necessidade” devido às condições climáticas tropicais de produção, onde há maior quantidade de “pragas” a serem combatidas e um suposto retorno econômico à sociedade brasileira. Desta forma, silenciam e ocultam os enormes danos à saúde pública e ao meio ambiente que os agrotóxicos produzem, podendo tornar-se ainda mais grave com estas medidas, que por sua vez também são expressos em perdas econômicas à sociedade e ao Estado brasileiro (SOARES; PORTO, 2012; SOARES; CUNHA; PORTO, 2020).

Essa tese partiu da inquietação frente aos conhecimentos produzidos pelas ciências que fundamentam a produção e o uso dos agrotóxicos, que não têm conseguido acompanhar a avassaladora degradação humana e ambiental provocada por esta tecnologia. Percebe-se que as lógicas das pesquisas científicas nessa área de estudo, incluindo os diversificados arcabouços de técnicas envolvidas, têm limites intrínsecos na detecção e compreensão dos impactos que os agrotóxicos têm produzido. A lógica científica dos programas de pesquisas dominantes, que apontam que agrotóxicos são pouco prejudiciais, indicam a presença de significativos “furos” de conhecimento, de modo que servem na realidade como justificativa ao estímulo de processos de crescimento econômico, silenciando os impactos na saúde e no ambiente.

Em contrapartida, há determinados programas de pesquisa que representam um movimento de resistência no campo científico. Compromissados ético-politicamente com a vida humana, estes programas e seus pesquisadores(as), têm buscado dentro do meio científico disputar outra concepção de abordagens teórico-metodológicas em programas, linhas e projetos de pesquisa, voltados a evidenciar, prevenir e tratar os sofrimentos, agravos, adoecimentos e mortes humanas e degradações ambientais oriundos de processos produtivos de acumulação de capital, como o caso dos agrotóxicos. A hipótese da tese é que na obra Primavera Silenciosa de Carson é possível identificar um programa de pesquisa científica com o potencial de contribuir na compreensão

ampliada dos efeitos dos agrotóxicos sobre a saúde e o ambiente, assim como subsidiar a elaboração de ações transformadoras que visem o controle e redução do uso dessas substâncias.

Temos, como exemplo no Brasil, o movimento de pesquisadores(as) da Saúde Coletiva, pelo Grupo de Trabalho Saúde e Ambiente da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO), que reuniram suas pesquisas e experiências de articulações com movimentos sociais nos quatro volumes do “Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde” (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Trata-se de um debate epistemológico extremamente necessário, pois são graves as consequências da ausência de um questionamento sobre as intencionalidades e os limites das pesquisas empíricas-reducionistas. No caso dos estudos sobre contaminação e toxicidade dos agrotóxicos, por exemplo, permite-se a “validação” e aceitação pública de pesquisas tecnicistas financiadas por corporações privadas transnacionais que, além de silenciar e ocultar o sofrimento oriundo do uso de agrotóxicos, legitimam socialmente e sanitariamente o uso desta tecnologia insalubre e letal, orientando até mesmo os profissionais e programas de saúde a abrandarem ou ignorarem a infinidade de processos degradantes à saúde relacionados ao seu uso (OLIVEIRA, 2016).

A tese está organizada em três partes. Na primeira parte, apresenta-se a revisão crítica da história e teoria do epistemólogo Imre Lakatos, com ênfase na Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. Na segunda parte é descrito o método da pesquisa da tese, contendo os procedimentos e técnicas aplicados para a construção dos resultados. Na terceira parte consta os resultados e a discussão, onde são descritos e discutidos os programas de pesquisa científica sobre agrotóxicos a partir da obra Primavera Silenciosa, assim como desenvolveu-se apontamentos críticos e propositivos sobre o tema. Considerando que os conceitos da epistemologia de Imre Lakatos não são utilizados com frequência na área de Saúde Pública, elaboramos um Glossário, que se encontra ao final da tese.

A pandemia da COVID-19 emergiu no Brasil exatamente no meio do período do doutorado, no mês em que o projeto de tese foi qualificado, março de 2020. Rapidamente a pandemia tornou-se em um fenômeno totalizante, que invadiu e transformou praticamente todas as áreas sociais no globo e vem atravessando os modos de vida e a subjetividade das populações. De certo modo, a forma irresponsável e genocida como o Governo Federal e diversos governos estaduais e municipais, legislativo e judiciário conduziram o enfrentamento da pandemia no Brasil, me

causou uma explosão de sentimentos entre um misto de extrema raiva, indignação, tristeza e luto pelas mortes que poderiam e deveriam ser evitadas, assim como pelo pouquíssimo apoio às populações que foram afetadas economicamente.

A ciência tornou-se um ponto central de discussão em relação à pandemia, de modo que buscamos então utilizar o acúmulo teórico da epistemologia de Imre Lakatos para a discussão da produção científica na pandemia, abordando elementos em destaque sobre o assunto. Em meio ao aumento muito acelerado das iniquidades no país, não foi uma tarefa fácil encontrar concentração para construir um caminho racional de discussão deste tema, em conjunto com o desenvolvimento do tema central da tese. De todo modo, mesmo mais lento e tentando digerir todo o turbilhão de sentimentos gerados nesse período, seguimos na luta e construímos um ensaio intitulado “Ciência e COVID-19: a construção de programas de pesquisa científica frente o contexto negacionista” (Apêndice).

A realização da tese não foi um caminho simples. Discutir ciência entre cientistas é quase como se jogar nu em um roseiral. O tema é ‘espinhoso’, pois se trata da prática diária dessa comunidade em elevada expansão, a qual é atravessada por teorias de diversas matizes e relações de poder em diferentes escalas, sendo estas muitas vezes contraditórias e adversárias. Qualquer pesquisador(a) sério(a) carrega consigo alguma concepção de ciência – com maior ou menor densidade – construída teoricamente durante sua trajetória de trabalho, tendo sempre alguns epistemólogos(as) de referência, ainda que nem sempre de modo consciente.

Trazer essa discussão em uma tese de saúde pública, que têm objetivos e limites de alcance, certamente carregará algumas inconsistências e irá gerar fortes críticas de especialistas dos(as) autores(as) e dos temas tratados. Entretanto, como avança o conhecimento científico se não por meio da crítica?

Enfocamos o tema da ciência em meio a um contexto social crítico, no qual o poder proporcionado pelas biotecnociências às empresas e aos governos para a transformação do ambiente e o controle da população tem aumentado. Em contrapartida vê-se o desprestígio às instituições públicas que produzem ciência compromissada eticamente com a democracia e a promoção da qualidade de vida. Deste modo, se por um lado não há como sair de um debate crítico sobre a ciência “sem ser arranhado”, por outro lado essa tese é feita justamente para defender e fortalecer a ciência enquanto patrimônio público da humanidade e necessária para seu desenvolvimento social.

2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM PERSPECTIVA: IMRE LAKATOS E A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA

Imre Lakatos (1922 – 1974) foi um filósofo da ciência muito influente, a partir da segunda metade do século XX. Nasceu na Hungria com o nome Imre Lipschitz, sendo filho de judeus. Sua vida, bem como sua atividade acadêmica, foi atravessada pelas guerras e conflitos políticos que ocorreram em seu país. Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), ele se formou com o diploma de matemática, física e filosofia, pela Universidade de Debrecen, em 1944. No mesmo ano, o exército da Alemanha nazista ocupa a Hungria e para fugir da perseguição aos judeus ele mudou seu nome para Imre Molnár. Neste período ele era um membro ativo do partido comunista e com a derrota da ocupação alemã no mesmo ano, apoia e participa da construção do regime socialista em seu país – alinhado ao regime de Josef Stalin da União Soviética. (CONNOR; ROBERTSON, 2003).

Após o início do regime socialista na Hungria, Imre muda novamente seu nome, passando a adotar o sobrenome “Lakatos”, que em húngaro significa serralheiro². Lakatos escreveu em 1947, na Universidade de Debrecen, sua primeira tese de doutorado, sob o título *Aspectos socio-históricos da formação dos conceitos na ciência*, na qual aborda a sociologia da ciência sob a perspectiva da filosofia marxista de György Lukács. Entretanto, esta tese desapareceu dos arquivos da universidade, encontrando-se até hoje perdida. Acredita-se que parte desta tese está expressa em um artigo seu publicado em 1947 pelo Ministério da Educação da Hungria – no qual Lakatos fazia parte –, intitulado *Modern Physics, Modern Society* (ROBERTS, 2014; KADVANY, 2020).

Nos anos seguintes Lakatos continuou seus estudos, em 1949, foi para a Universidade de Moscou e trabalhou sob a supervisão da filósofa da matemática Sofya Yanovskaya. Quando retorna à Hungria, em 1950, é acusado por membros do Ministério da Educação como revisionista, sendo preso e enviado ao campo de concentração até 1953, ano da morte de Stalin. Ao retornar para a Hungria, Lakatos trabalhou no Instituto de Matemática da Academia Húngara de Ciências como tradutor de livros de matemática. Durante esse período ele teve acesso às obras de Karl Popper e

² Há algumas explicações e especulações quanto a Imre ter assumido o sobrenome Lakatos. Primeiro devido às suas roupas conterem a sigla I. L., do nome antigo, e nas condições em que estava era mais fácil mudar de nome do que ter roupas novas. O termo Lakatos tem duas explicações. Uma é devida sua convicção ideológica comunista e o sobrenome seria uma homenagem à classe trabalhadora, mais especificamente aos serralheiros. Outra hipótese é uma homenagem ao general “Géza Lakatos”, que liderou a desocupação do exército alemão na Hungria em 1944 (CONNOR; ROBERTSON, 2003).

gradualmente passou a refletir criticamente contra o marxismo stalinista (MUSGRAVE; PIGDEN, 2016; KADVANY, 2020).

Em 1956, eclode a Revolução Húngara que derruba o governo do Partido Comunista Húngaro, entretanto, um mês depois, com ajuda do exército da União Soviética, o Partido Comunista retoma o governo. Lakatos participa dessa Revolução Húngara e foge para a Inglaterra logo após sua derrota (CONNOR; ROBERTSON, 2003)³.

Em Londres, ele se matricula para o doutorado em filosofia no ano de 1957 na Universidade de Cambridge, desenvolvendo a tese “Ensaio sobre a Lógica da Descoberta Matemática” defendida em 1959, inaugurando uma teoria original sobre a ciência, mais especificamente sobre o desenvolvimento do conhecimento da matemática, muito inspirada na teoria da Lógica da Pesquisa Científica de Karl Popper. A partir da publicação desta tese, Lakatos passa a ser reconhecido mundialmente e é contratado em 1960 pela *London School of Economics* (Escola de Economia de Londres) para lecionar a disciplina de “Lógica”, sendo professor desta disciplina até 1974, ano da sua morte (CONNOR; ROBERTSON, 2003; ROBERTS, 2014; MUSGRAVE; PIGDEN, 2016).

É neste período, em Londres, que Lakatos se conecta com as discussões em voga na filosofia da ciência, sobretudo em relação às repercussões do livro “A Estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn. A questão em debate na filosofia da ciência, discutida no livro de Thomas Kuhn, era a decadência dos fundamentos teóricos da Física Clássica (newtoniana) – que dominou e normatizou toda a ciência moderna por praticamente 400 anos –, e a emergência da Física Quântica e Relativista (MUSGRAVE; PIGDEN, 2016).

A ideia de ciência como conhecimento provado – pela exatidão matemática e pelo experimento empírico – foi predominante por séculos graças à “glória da física newtoniana”, mas “os resultados de Einstein tornaram a virar a mesa”, de modo que passou a predominar entre os(as) filósofos(as) da ciência o questionamento sobre até que ponto o conhecimento científico é, ou pode

³ Durante sua vida em Londres, Lakatos buscou manter em segredo toda sua vida intelectual e política na Hungria. Sua teoria mais conhecida, a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica, foi desenvolvida durante sua vida em Londres. Parte significativa da história sobre Lakatos na Hungria veio ser conhecida publicamente após a sua morte a partir de estudos historiográficos. Com essas divulgações, estudiosos de Lakatos costumam dividir sua vida intelectual entre o Lakatos na Hungria (até 1956 - 1ª fase stalinista e 2ª fase ‘hegeliana-luckacsiana’) e Lakatos em Londres (após 1956 – popperiano crítico), mas indicam influências de sua formação marxista na Hungria em suas obras pós-1956 (KADVANY, 2012; MUSGRAVE; PIGDEN, 2016). Nesta tese, nos basearemos nas obras de Lakatos que fundamentam a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica, após 1956, dialogando com as discussões dos autores que buscam as bases influenciadoras de Lakatos nos trabalhos anteriores a 1956.

ser, conhecimento provado. Com isso, “toda a estrutura clássica dos valores intelectuais desmorona e precisa ser substituída” (LAKATOS, 1979, p. 110).

Boa parte dos(as) filósofos(as) da ciência se dedicaram a compreender e a discutir esse processo que estava ocorrendo no mundo científico, sendo um período de crescente fertilidade teórica e desenvolvimento da Epistemologia. A virtude de Imre Lakatos foi a de conseguir, durante sua vida acadêmica em Londres, construir uma síntese de alto nível teórico entre as principais teorias que estavam realizando essa discussão no seu tempo, particularmente as contribuições de Karl Popper e Thomas Kuhn. Desta síntese que surge sua Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC) (MUSGRAVE; PIGDEN, 2016).

Como se percebe, pela trajetória acadêmica de Lakatos, os conhecimentos sob os quais ele tem maior domínio são, sobretudo, os da Matemática, Lógica, Física e Filosofia. É perceptível em seus textos que as discussões remetem a conceitos e saberes dessas áreas. Na MPPC ele constrói um arcabouço de concepções e conceitos, nas quais, muitas delas são fundamentadas nestas áreas do conhecimento. Para melhor entendimento, será descrito nas seções seguintes um resumo explicativo e contextualizado de sua teoria, de modo que fique compreensível sua aplicação nessa tese.

2.1 QUANDO A CIÊNCIA PERDE SEU “SUPERPODER” E É OBRIGADA A DESCER DO PEDESTAL

Para explicar as razões que fundamentam a MPPC, Lakatos (1979, p.112) defende a necessidade de se compreender como se apresentavam as teses conflitantes na filosofia da ciência, após o colapso do que ele chama de “justificacionismo”, devido à emergência do pensamento chamado “falibilismo”.

O justificacionismo é uma corrente do pensamento científico, a qual defende que o conhecimento científico é sinônimo de conhecimento provado. Fazem parte do justificacionismo os racionalistas clássicos – provam a verdade do conhecimento pela lógica dedutiva, sobretudo a matemática – e os empiristas clássicos – provam o conhecimento a partir de uma base empírica e por meio da lógica indutiva (LAKATOS, 1979, p.113)⁴.

⁴O justificacionismo pode ser compreendido também como positivismo. O termo positivismo é utilizado com mais frequência na filosofia da ciência, porém adotaremos o termo justificacionismo devido Lakatos (1979) utilizá-lo em suas obras, provavelmente pela ênfase nessa corrente de pensamento científico em considerar que por meio da

A partir da emergência da compreensão no meio científico (principalmente entre os pesquisadores das áreas de física, química e matemática) de que o conhecimento científico está sujeito a falhas inerentes (falibilismo), o justificacionismo, enquanto principal teoria do conhecimento científico passa a desmoronar (LAKATOS, 1979).

O principal argumento do empirismo, que foi derrubado pela crítica falibilista, é a suposição que existe uma separação entre conhecimento teórico e conhecimento experimental (ou observacional, empírico), sendo este último o mais importante e reconhecido como verdadeiro (LAKATOS, 1979).

Essa suposição de que existe separação entre proposição teórica e proposição observacional, presente em todas as teorias justificacionistas, Lakatos considera como “*psicologia da observação*”, que consiste em um tipo de “*psicoterapia*” na qual busca alcançar “o estado ‘correto’, ‘normal’, ‘saudável’, ‘sem preconceito’, ‘cuidadoso’ ou ‘científico’ dos sentidos – ou melhor, o estado da mente como um todo – em que eles observam a verdade tal como ela é.” (LAKATOS, 1979, p. 119). Contudo, essa separação psicológica mostra-se irreal na prática, pois “não há, nem pode haver, sensações não-impregnadas de expectativas e, portanto, *não há demarcação natural (isto é, psicológica) entre as proposições observacionais e as teóricas.*” (LAKATOS, 1979, p.119-120).

A ideia que considera a teoria “observacional” como verdadeira resulta da compreensão de que ela é demonstrada a partir dos fatos, sendo denominada como a “*doutrina da prova observacional (ou experimental)*” (LAKATOS, 1979, p.118). Para esta discussão, Lakatos parte do conhecimento da área de Lógica, que segundo ele destrói essa doutrina, pois,

(...) *nenhuma proposição fatural pode ser provada a partir de uma experiência.* (...) As proposições só se podem derivar de outras proposições, não se podem derivar de fatos: não se pode provar afirmações com experiência (...) Se não se podem provar, as proposições fatuais são falíveis (LAKATOS, 1979, p. 120).

Essa constatação na qual não existe a separação entre “teorias francas”, não-provadas, e a base empírica provada, e que a base empírica não é capaz de ser provada, ou seja, é falível, nos leva ao entendimento, portanto, de que “*todas as proposições da ciência são teóricas e*

justificação do conhecimento, através do método empírico e matemático, é possível provar o conhecimento, chegando ao conhecimento verdadeiro.

incuravelmente falíveis” (grifo nosso) (LAKATOS, 1979, p.121). O reconhecimento dessa afirmação significa o colapso do justificacionismo como teoria da racionalidade científica.

Para os justificacionistas, admitir essa ideia significaria assumir que a ciência “é sofisma e ilusão, uma fraude desonesta”. Uma forma de negar essa ideia foi elaborada pelo “*probabilismo* (ou ‘*neojustificacionismo*’)”, que apresentou um recuo no pensamento justificacionista ao admitir que as teorias são improváveis, mas, por outro lado, acreditam que “elas têm diferentes graus de probabilidade (no sentido do cálculo das probabilidades) relativos à evidência empírica disponível”. A honestidade intelectual do probabilista, consistia, nesse sentido, em “*proclamar apenas teorias altamente prováveis*” (LAKATOS, 1979, p. 114).

Popper (2013) argumenta que tanto os justificacionistas, quanto os probabilistas, estão equivocados ao defenderem a possibilidade de se obter, por meio de experimentos observacionais ou por meio de testes estatísticos, a verdade definitiva ou mais provável dos fenômenos, pois tal postura é dogmática e limitadora da criatividade científica.

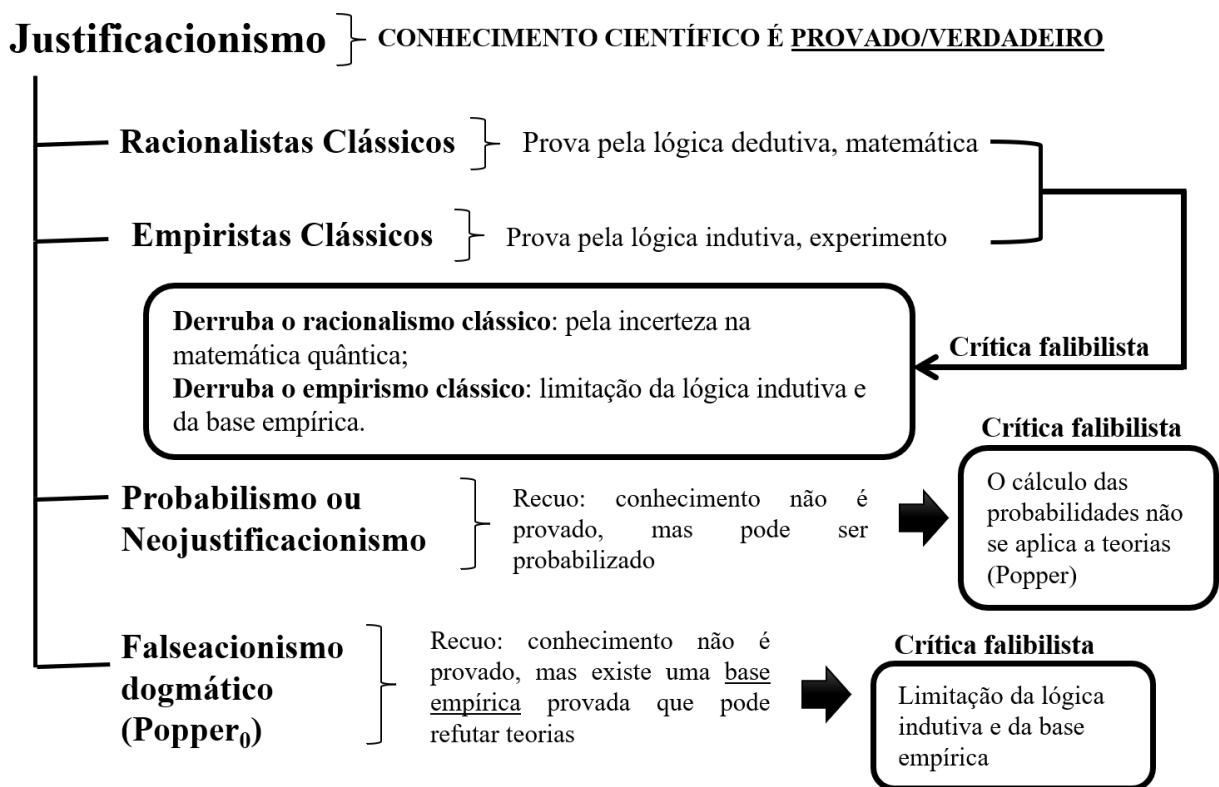
Neste contexto da evidência da falibilidade do justificacionismo e do probabilismo, uma nova vertente teórica, o “falseacionismo”, se apresentou como uma proposta de alteração na forma de “avaliação das teorias e, em geral, nos padrões de honestidade intelectual”. Para Lakatos, este processo significou “um novo e considerável recuo do pensamento racional”, que ao retroceder de “padrões utópicos, esclareceu muita hipocrisia e muito pensamento confuso, de modo que, na realidade, acabou representando um avanço.” (LAKATOS, 1979, p.115)

A partir de diferentes interpretações da teoria científica do Falseamento de Karl Popper, Lakatos considera que há três tipos diferentes de falseacionismo: o dogmático (Popper₀), o metodológico ingênuo (Popper₁) e o metodológico sofisticado (Popper₂). O falseacionismo dogmático é uma interpretação do Popper jovem, ele não publicou nada a respeito, sendo, na verdade, inventado, defendido e posteriormente criticado por muitos (o verdadeiro Popper corresponde ao falseacionismo metodológico ingênuo e sofisticado e trataremos destes na próxima seção) (LAKATOS, 1979).

Os(as) falseacionistas dogmáticos admitem “a falibilidade de *todas* as teorias científicas”, “todas as teorias são conjecturais”, porém, contraditoriamente, acreditam em uma “base empírica infalível”. De acordo com os falseacionistas dogmáticos a “ciência não pode *provar* teoria alguma. Mas se bem não possa *provar*, pode *refutar* (...), isto é, há uma base empírica de fatos absolutamente firme que se pode usar para refutar teorias”. Para o falseacionista dogmático, a teoria

que for refutada (ou seja, falseada) por seu experimento empírico “infalível” deve ser descartada, buscando-se formular outra teoria que seja aceitável ao experimento. Por acreditar na prova dos fatos empíricos, o falseacionismo dogmático, pode ser interpretado como um tipo mais fraco de justificacionismo (LAKATOS, 1979, p.115-116). Deste modo, as mesmas críticas falibilistas ao empirismo justificacionista, também derrubam o falseacionismo dogmático. Na Figura 1, encontra-se uma síntese das correntes justificacionistas e das críticas falibilistas.

Figura 1 - Resumo esquemático do justificacionismo e suas ramificações de acordo com Lakatos (1979).



Fonte: elaborado pelo autor.

Com isso, o entendimento do colapso de todo o justificacionismo – incluindo suas formas mais fracas, como o probabilismo e o falseacionismo dogmático –, pela crítica falibilista coloca para a ciência a necessidade de uma ampla revisão de suas bases filosóficas e levanta reflexões e questionamentos centrais, tais como:

Se as teorias científicas não podem ser provadas, nem probabilizadas, nem refutadas, os céticos parecem ter finalmente razão: a ciência não passa de vã especulação e não existe progresso no conhecimento científico. Ainda podemos opor-nos ao ceticismo? *Podemos*

salvar a crítica científica do falibilismo? É possível ter uma teoria falibilística do progresso científico? Em particular, se a crítica científica é falível, baseados em que poderemos algum dia eliminar uma teoria? (LAKATOS, 1979, p.126).

As críticas falibilistas, ao derrubarem a ideia de que o(a) cientista é capaz de provar ou probabilizar a verdade, retira dele(a) este “superpoder”, obrigando-o(a) a ser mais humilde intelectualmente e a buscar uma nova racionalidade e justificativa para o desenvolvimento do conhecimento científico. Ainda há muita resistência no meio científico quanto ao reconhecimento da falibilidade na ciência, principalmente nas ciências empiricistas, tidas como “exatas” e “naturais”, devido a esse risco da “perda” de poder no meio científico e na sociedade. Em contrapartida, muitos desconhecem ou preferem fugir deste debate, se mantendo ancorados nas teses justificacionistas, que mesmo derrubadas pelas novas teorias da filosofia da ciência, ainda são muito aceitas e reforçadas socialmente (senso comum científico) como, por exemplo, pelos meios de comunicação.

Este embate entre justificacionismo e falibilismo, aparenta ser apenas uma questão do campo filosófico, todavia, é fundamental quando tratamos de ciências e tecnologias que interferem diretamente sobre a vida humana, como o caso dos agrotóxicos. Por exemplo, faz toda a diferença quando um(a) cientista, partindo da concepção de ciência justificacionista, pode afirmar que tem a certeza, pela prova metodológica empírica e/ou estatística, que certa quantidade de uma substância não provoca danos à saúde, ou quando o(a) cientista, partindo do falibilismo, diz que esta mesma substância, nas circunstâncias metodológicas analisadas e à luz das teorias atuais, não apresentaram possibilidades de danos à saúde, mas não há certeza que a mesma é saudável, devido aos limites teórico-metodológicos aplicados no estudo.

2.2 REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS: RECONHECENDO OS LIMITES DA CIÊNCIA E A BUSCA POR UMA NOVA RACIONALIDADE

Com o reconhecimento da falibilidade da ciência, visualiza-se a possibilidade de pelo menos dois caminhos para os(as) cientistas. Uma delas é “abandonar” a racionalidade na ciência e tratá-la como uma crença semelhante a qualquer outra, diferenciando-se apenas por ser mais sistemática, estar institucionalizada e legitimada por pares. Outro caminho é reconstruir as bases racionais da ciência, incorporando as críticas falibilistas e produzindo uma nova racionalidade

científica que seja capaz de assumir seus limites, sem deixar de buscar a construção permanente de novos conhecimentos mais próximos da realidade.

2.2.1 Falseacionismo metodológico: contribuições de Karl Popper

Para Lakatos (1979), o falseacionismo metodológico, proposto por Karl Popper, traz uma resposta “intrigante” aos questionamentos falibilistas. Como mencionado, há dois tipos de falseacionismo metodológico: o ingênuo e o sofisticado (Figura 2). Primeiro, será tratado do falseacionismo metodológico de um modo geral e posteriormente das diferenças entre seus tipos.

O falseacionismo metodológico é um tipo de “convencionalismo”, também denominado como teoria ativista do conhecimento, em contraposição à teoria passivista. A teoria passivista do conhecimento, cuja escola mais influente é o empirismo clássico, defende que “o verdadeiro conhecimento é a marca impressa pela Natureza numa mente perfeitamente inerte: a *atividade* mental só pode resultar em parcialidade e distorção”. Já o convencionalismo sustenta que é possível compreender a natureza somente “à luz de nossas expectativas ou teorias” (LAKATOS, 1979, p.126).

O convencionalismo divide-se em conservadores(as) e revolucionários(as). Os(as) *conservadores(as)*, representados principalmente pelo pensamento de Immanuel Kant, argumentam que “nós nascemos com nossas expectativas básicas; com elas transformamos o mundo no ‘nosso mundo’ mas, depois, temos de viver para sempre na prisão do nosso mundo”; os(as) *revolucionários(as)* alegam que “os referenciais conceituais podem ser desenvolvidos e também substituídos por novos e *melhores* referenciais; somos *nós* que criamos nossas ‘prisões’ e também podemos, com espírito crítico, demoli-las.” (LAKATOS, 1979, p. 126)

O falseacionismo *metodológico* é uma escola do convencionalismo revolucionário. Deste modo, se diferencia do falseacionista dogmático, pois admite que o “valor-de-verdade” dos enunciados científicos “não pode ser provado por fatos, mas, em alguns casos, pode ser *decidido* por consenso” (grifo nosso) (LAKATOS, 1979, p. 128). Decidem tornar alguns enunciados como “não-falseáveis”, pois na ocasião pode haver uma “técnica pertinente” que leve a comunidade científica a “*decidir* que o enunciado é ‘aceitável’”. Um enunciado desse tipo deve ser denominado “observacional” ou “básico”, mas somente entre aspas, pois “a própria seleção de todos esses enunciados é uma questão de decisão”. Dessa forma que o falseacionista metodológico estabelece

sua “base empírica”, diferente dos padrões justificacionistas, “não há nada provado no que diz respeito a ela – ela denota ‘estacas colocadas em um pântano’”. (LAKATOS, 1979, p.129;131; POPPER, 2013, p.96).

Cabe enfatizar esse aspecto definidor do falseacionismo metodológico (característico do convencionalismo): *as decisões metodológicas*. Para a epistemologia de Popper, a pesquisa científica é composta por decisões metodológicas que em conjunto formam as *regras metodológicas* de uma pesquisa. Essas regras metodológicas, que representam a estrutura racional do conhecimento científico, são o seu objeto de estudo, nomeado por ele como a “Lógica da Pesquisa Científica” (POPPER, 2013). Lakatos (1979) irá incorporar essa concepção convencionalista do falseacionismo metodológico, na MPPC.

O falseacionismo metodológico, na intenção de harmonizar o falibilismo com a racionalidade científica, acredita que para haver o crescimento da ciência é necessário encontrar uma forma de eliminar algumas teorias. Para isso, ele parte de um conjunto de decisões metodológicas, que deve culminar no falseamento de uma teoria (LAKATOS, 1979).

No falseacionismo metodológico *ingênuo* (Popper₁), as decisões metodológicas para eliminar teorias com vistas ao progresso científico ocorre a partir da relação (“colisão”) entre teoria e a “base empírica”, sob as quais se faz as decisões de aceitação ou refutação da teoria em teste. Para Lakatos (1979, p. 158) a visão de ciência baseada nessa relação teoria-experimento, é chamada de “*modelo dedutivo monoteórico*”, pois analisa a repercussão do enunciado “observacional” como sendo o teste de uma teoria.

A história da ciência, contudo, evidencia que o progresso científico não tem ocorrido por meio desse modelo dedutivo monoteórico, proposto pelo falseacionismo metodológico ingênuo. Em geral, o que se observa nos casos históricos da ciência não é um confronto de dois adversários (uma teoria e a experiência) com o desfecho de refutação de hipóteses científicas, mas o confronto de pelo menos três adversários, duas (ou mais) teorias rivais e a experiência, resultando primeiro em confirmação do que em falseamento (LAKATOS, 1979, p. 139).

Visto que a história da ciência refuta o modelo monoteórico do falseacionismo metodológico ingênuo, Lakatos (1979) afirma que a versão *sofisticada* do falseacionismo metodológico supera o ingênuo ao transferir a avaliação racional do conhecimento científico de uma teoria isolada, para um modelo dedutivo *pluralístico*, no qual se avalia uma *série de teorias*. No falseacionismo metodológico sofisticado apenas a série de teorias que se pode dizer se é

científica ou pseudocientífica, nunca em uma teoria isolada; “aplicar o termo “científico” a uma *única* teoria é incorrer num erro de categoria” (LAKATOS, 1979, p. 145).

Para proceder na avaliação de uma série de teorias, o falseacionismo sofisticado lança mão de um conjunto de conceitos, entre eles: excesso de conteúdo empírico (ou predição de fatos novos); excesso de conteúdo corroborado (ou fatos novos corroborados); hipóteses auxiliares e hipóteses ad hoc; transferência de problemas teoricamente progressiva; transferência de problemas empiricamente progressiva; transferência de problemas degenerativa⁵.

A categoria *fato novo* é crucial para o falseacionismo metodológico sofisticado e Lakatos irá incorporá-lo como central na MPPC. O fato novo apresenta duas dimensões: teórica e empírica. A dimensão teórica é quando uma série de teorias apresenta *predição* de novos fatos, ou seja, a elaboração de conhecimentos teóricos de fenômenos que ainda não haviam sido descritos ou identificados nas séries de teorias rivais, que não tem ou mesmo proíbe esses fatos novos. Esses fatos novos preditos, devem ser passíveis de teste empírico, porém podem não ter sido testados ainda (por limitações técnicas, financeiras etc.). Considera-se que a série de teorias com predição de fatos novos possui *excesso de conteúdo empírico*, pois ela contém um excedente de conteúdo teórico a ser verificado empiricamente. Em sequência, quando fatos novos preditos pela série de teorias são corroborados empiricamente, admite-se que esta série de teorias possui *excesso de conteúdo corroborado*, ou *fatos novos corroborados*, em relação as séries de teorias rivais.

Para o falseacionismo sofisticado, os ramos da ciência, temporariamente, assumem a “forma de um sistema de teorias elaborado e logicamente bem construído”. As teorias nesse sistema estão articuladas de maneira hierárquica de acordo com o tipo e função do enunciado. Os enunciados de nível mais alto, os enunciados universais, constituem os “axiomas”; deles podem ser deduzidos os enunciados singulares de nível mais baixo. Todos esses enunciados científicos (universais ou singulares) assumem o caráter de *hipóteses*, pois, na perspectiva do falseacionismo sofisticado, todo enunciado científico é uma hipótese que deve ser passível de falsificação (POPPER, 2013, p. 63;66-67).

As *hipóteses auxiliares* são enunciados científicos de nível mais baixo, que agrupadas formam modelos de explicação da realidade. A harmonização lógica e a corroboração empírica das hipóteses auxiliares contribuem para a manutenção da teoria superior. As hipóteses auxiliares criadas apenas para tentar salvar uma teoria superior, sem apresentar alinhamento lógico entre as

⁵ Esses e outros conceitos também se encontram resumidos no Glossário.

demais hipóteses, e que passam a ser refutadas empiricamente, são denominadas *hipóteses ad hoc* (POPPER, 2013).

Em uma série de teorias, na qual há hipóteses auxiliares que apresentam fatos novos teóricos, considera-se que essa série de teorias fez uma *transferência de problemas teoricamente progressiva*. Isso significa que a série de teorias teoricamente progressiva transferiu todos os conhecimentos e problemas da série de teorias anterior para si e acrescentou fatos novos teóricos até então inesperados. Quando parte das hipóteses auxiliares dessa série de teorias teoricamente progressiva é corroborada empiricamente, trata-se de uma *transferência de problemas empiricamente progressiva*. No entanto, se a série de teorias apresenta hipóteses *ad hoc*, avalia-se como uma *transferência de problemas degenerativa*, ou pseudociência (LAKATOS, 1979, p. 144–145).

Tais conceitos e fundamentações teóricas do falseacionismo metodológico sofisticado estão assentados na visão popperiana crítica e racional da ciência. Para Popper a ciência é “‘revolução permanente’ e a crítica é o cerne do empreendimento científico” (LAKATOS, 1979, p. 111), de modo que “a mudança científica é racional ou, pelo menos, pode ser racionalmente reconstruída e cai no domínio da *lógica da descoberta*” (LAKATOS, 1979, p.112). Lakatos incorpora na MPPC essas contribuições do falseacionismo metodológico (Figura 2), acrescentando as contribuições do filósofo da ciência, Thomas Kuhn.

2.2.2 Competição entre paradigmas: contribuições de Thomas Kuhn

O traço marcante da obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn é o contraponto à tradição historiográfica da ciência de seu tempo, a qual concebe que a ciência se desenvolve por um acúmulo linear de fatos, teorias e métodos descobertos individualmente por cientistas e cabe ao(a) historiador(a) descrever quem fez e quando ocorreram essas descobertas. Kuhn discorda dessa imagem acumulativa do desenvolvimento da ciência, para ele “os primeiros estágios do desenvolvimento da maioria das ciências têm se caracterizado pela contínua competição entre diversas concepções de naturezas distintas;”, de modo que a “competição entre segmentos da comunidade científica é o único processo histórico que realmente resulta na rejeição de uma teoria ou na adoção de outra.”. A essa forma de ver a história da ciência ele chama de “concepção ampliada da natureza das revoluções científicas” (KUHN, 2018, p. 63;67-68).

Com base nessa ideia de desenvolvimento da ciência por meio de embates contínuos de concepções, Thomas Kuhn desenvolve um arcabouço de categorias teóricas para explicá-la, entre eles estão o de “paradigma”, “ciência normal”, e “anomalia”, os quais Lakatos irá reformular e incorporar à sua MPPC.

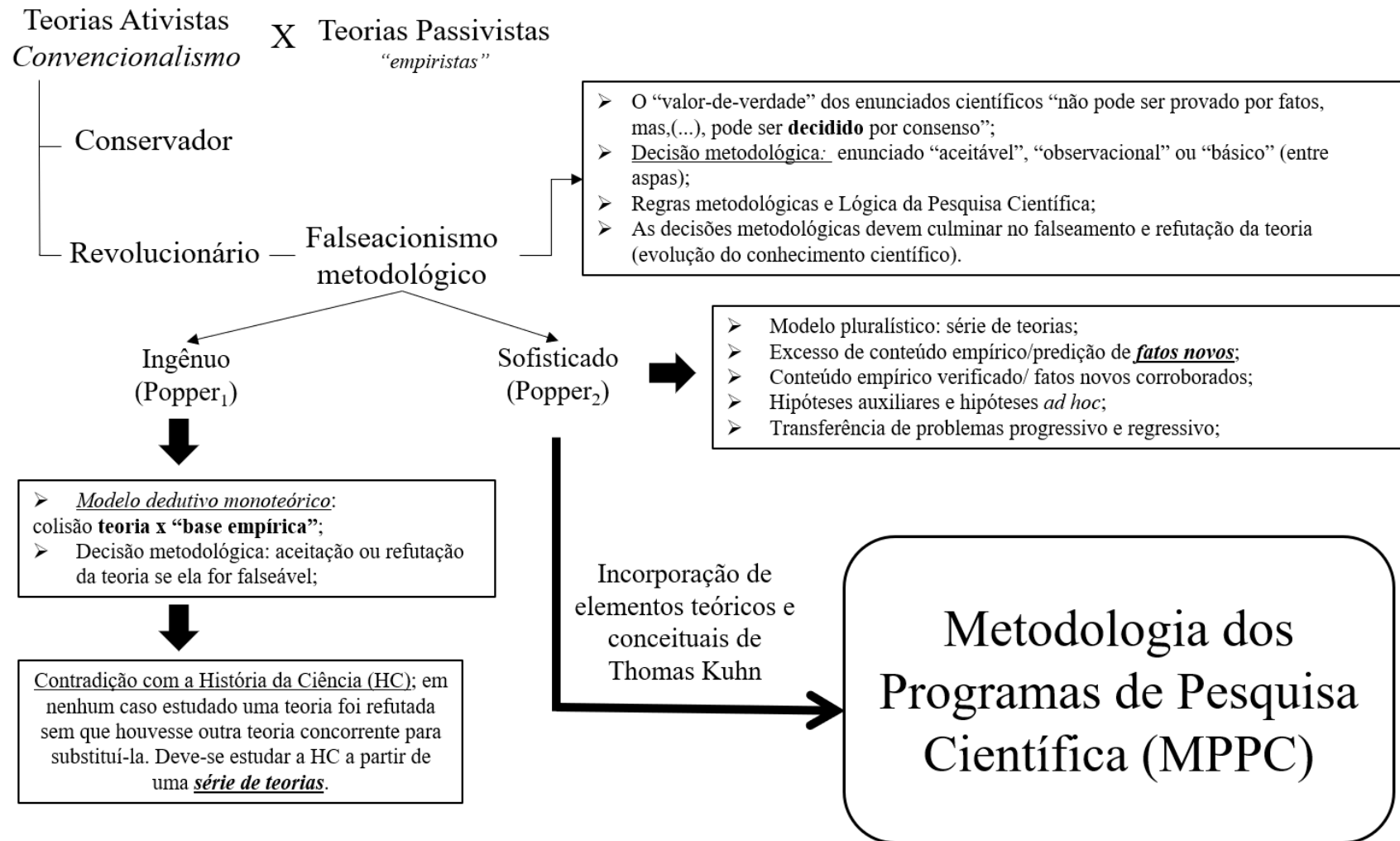
Os *paradigmas*, para Thomas Kuhn, são realizações científicas que possuem duas características essenciais: a primeira é serem amplamente reconhecidas e atraírem um grupo permanente de seguidores, separando-os de outras formas de atividade científica; a segunda é ser aberto o suficiente para permitir que um conjunto de questões possa ser estudado pelo grupo de praticantes dessa ciência (KUHN, 2018). Essas realizações, consideradas paradigmáticas, “proporcionam modelos dos quais brotam as tradições coerentes e específicas da pesquisa científica”. Essas tradições, devido sua extensa influência, costumam receber rótulos, como, por exemplo, no caso da física a “‘Astronomia Ptolomaica’ (ou ‘Copernicana’), ‘Dinâmica Aristotélica’ (ou ‘Newtoniana’), ‘Ótica Corpuscular’ (ou ‘Ondulatória’), e assim por diante”. Os paradigmas, quando surgem, geralmente são limitados, tanto no seu alcance teórico, quanto na precisão de suas respostas. Eles tornam-se dominantes porque conseguem ser mais bem sucedidos que seus adversários na resposta a algumas questões que certa comunidade científica avalia como centrais. O triunfo de um paradigma é, na verdade, uma promessa de triunfo (KUHN, 2018, p. 72, 88).

O termo paradigma está intimamente relacionado com a categoria *ciência normal*. Ciência normal é a pesquisa firmemente amparada em um paradigma, está empenhada na consolidação da “promessa de triunfo”, por meio da ampliação “do conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como relevantes, aumentando-se a correlação entre esses fatos e as predições do paradigma e articulando-se ainda mais o próprio paradigma”. Não é objetivo da ciência normal “inventar novas teorias” ou evidenciar “novas espécies de fenômeno”, “a pesquisa científica normal está dirigida para a articulação daqueles fenômenos e teorias já fornecidos pelo paradigma” (KUHN, 2018, p. 88-89).

A descoberta científica, para KUHN (2018), advém inicialmente do reconhecimento de *anomalias* no paradigma. As anomalias consistem em fenômenos que violam as expectativas do paradigma que governa a ciência normal. Os(as) pesquisadores(as) não conseguem explicá-los a partir do paradigma e passam a rever os fundamentos paradigmáticos.

Na relação entre paradigma e ciência normal está contida a ideia de *continuidade* na ciência, que consiste no papel dos paradigmas em influenciar (ou direcionar) a formação de uma ciência normal, ou seja, na adesão de uma comunidade científica a um corpo teórico progressivo, por determinado tempo. Para Lakatos (1979), essa continuidade, essencial na história da ciência, solda as séries de teorias em *programas de pesquisa científica* (Figura 2).

Figura 2 - Resumo esquemático do falseacionismo metodológico ingênuo e sofisticado, de acordo com Lakatos (1979).



Fonte: elaborado pelo autor.

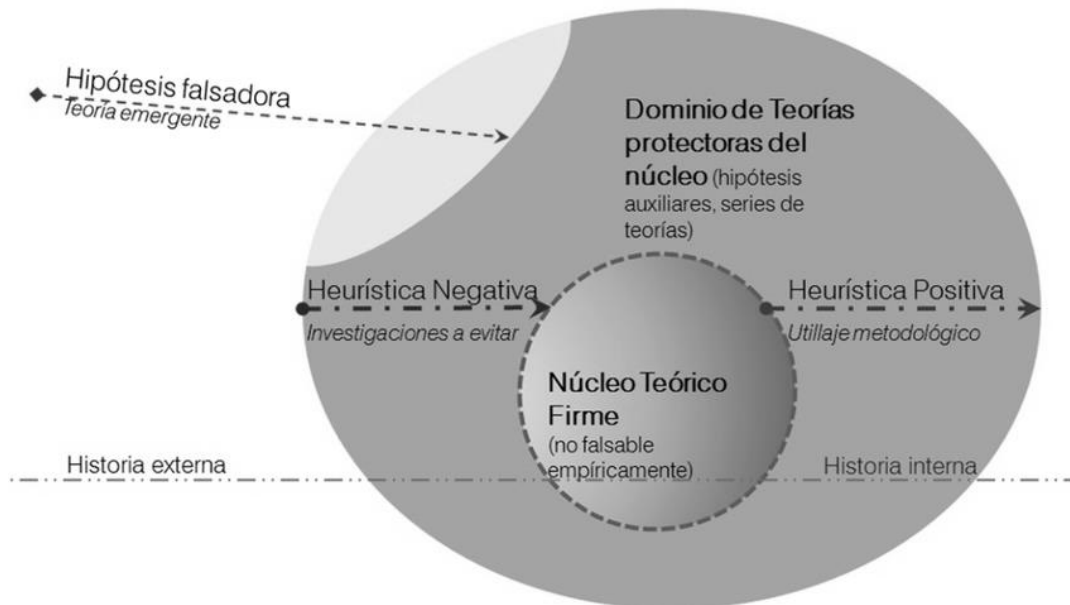
2.3 A METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA

Olho para a continuidade na ciência através de 'óculos popperianos'. Onde Kuhn vê 'paradigmas', também vejo 'programas de pesquisa' racionais.
(LAKATOS, 1979, p. 220)

A Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC) agrega o olhar racional proposto pela Lógica da Pesquisa Científica (ou falseacionismo metodológico) sofisticada de Karl Popper com a visão ampliada e pluralista da competição entre teorias científicas de Thomas Kuhn. Baseado nisso, a MPPC realiza a reconstrução racional de Programas de Pesquisa Científica (PPCs) a partir de uma estrutura lógica, composta por um *núcleo duro*, que consiste nas teorias fundamentais e irrefutáveis do programa, uma *heurística negativa*, que protege o núcleo do PPC das críticas e refutações, uma *heurística positiva* determinada pelo núcleo, que direciona as linhas de pesquisa para os quais o PCC deve seguir e as *hipóteses auxiliares* formuladas a partir da heurística positiva, que formam o *cinturão protetor* do PPC (Figura 3).

Nas linhas a seguir será descrito uma síntese da teoria da MPPC e do significado de seus componentes, de modo a melhorar sua compreensão.

Figura 3 - Diagrama interpretativo do Programa de Pesquisa Científico (em espanhol).



Fonte: ZAMORA (2008)

Para analisar o desenvolvimento do conhecimento na história da ciência pela MPPC, devemos observar esse processo no contexto de uma série de teorias e não apenas de uma teoria isolada, ou seja, devemos utilizar o modelo *pluralístico*. Neste sentido, Lakatos admite a caracterização que Thomas Kuhn faz a respeito da *continuidade* na ciência (LAKATOS, 1979).

Lakatos (1979) admite também grande parte da ideia de paradigma, ciência normal e anomalia de Thomas Kuhn, entretanto ele as reformula, de modo a ter coerência com a MPPC. A virtude da teoria de Thomas Kuhn está na visão globalista da ciência, que compreende a existência e articulação de elementos metodológicos racionais e de elementos extra-metodológicos na ciência. Os elementos extra-metodológicos são explicados por Kuhn, por meio de teorias da sociologia e psicologia social, utilizando as categorias paradigma e comunidade científica, levando a interpretação dessa dimensão para questões ideológicas, morais ou valorativas. Como a teoria de Lakatos não se propõe a ser uma sociologia ou psicologia da ciência, mas uma lógica da pesquisa científica, pode-se dizer que Lakatos “logicizou” as categorias kuhnianas da revolução científica. Onde Kuhn vê valor, Lakatos enxerga heurística.

Na MPPC, o conceito de paradigma está relacionado ao núcleo duro do programa de pesquisa, e o conceito de ciência normal com a atividade científica de um programa de pesquisa científico “maduro”. A anomalia tem o mesmo papel de catalisador de descobertas científicas, porém, diferente da concepção kuhniana de ciência normal, onde as anomalias tendem a desaparecer, na estrutura dos PPCs elas nunca se esgotam.

Para identificar um PPC deve-se buscar inicialmente pelo seu *núcleo duro*. Dois elementos são fundamentais para caracterizar o núcleo duro: enunciados metafísicos e continuidade. Os enunciados metafísicos são que se apresentam como “irrefutáveis” na pesquisa, por razões metodológicas. São enunciados que os pesquisadores assumem como inquestionáveis para o desenvolvimento da pesquisa, formam o conhecimento básico, de fundo, sob o qual a pesquisa desenvolve-se. Por exemplo, em estudos toxicológicos sobre os efeitos de agrotóxicos, o conhecimento a respeito da estrutura biológica (células, tecidos, órgãos, sistemas) e da composição bioquímica dos organismos (aminoácidos, carboidratos, sais minerais, hormônios, ácidos nucleicos etc.) não está em questionamento, deste modo, é considerado como um conhecimento de fundo da pesquisa, de caráter irrefutável, por decisão metodológica dos pesquisadores. Tal conhecimento, por assumir esse caráter irrefutável, pertence ao núcleo duro do programa de pesquisa.

O núcleo duro de um PPC, para se consolidar, necessita que esses enunciados irrefutáveis se repitam em diferentes pesquisas científicas ao longo do tempo, criando uma ligação lógica entre elas. A partir de uma longa sequência de repetições destes enunciados irrefutáveis em diferentes pesquisas, constitui-se o elemento de *continuidade histórica* de um núcleo duro, podendo, desta forma, caracterizar um programa de pesquisa científica. Apenas a presença de enunciados irrefutáveis em uma única publicação científica não caracteriza, de início, um núcleo duro de um programa de pesquisa científica. É necessário que esses enunciados irrefutáveis sejam metodologicamente incorporados e utilizados por parte da comunidade de pesquisa. Ao passo que um conjunto coerente de enunciados irrefutáveis se consolidam nas pesquisas e publicações das comunidades científicas, podemos falar da formação de um núcleo duro de um programa de pesquisa científica.

O núcleo duro do PPC especifica a heurística negativa e heurística positiva do programa. O conceito de heurística⁶, para Lakatos, refere-se a estruturas conceituais que atuam como regras metodológicas, orientando os caminhos investigativos que os(as) pesquisadores(as) do programa devem seguir ou evitar⁷. A *heurística negativa* diz respeito aos caminhos que o programa de pesquisa rejeita e, portanto, os(as) pesquisadores(as) não devem seguir. Ela protege o núcleo duro de refutações, impedindo que anomalias questionem a validade no núcleo duro. Por exemplo, no PPC Darwinista, que possui como núcleo duro a teoria da origem das espécies a partir da uma ancestralidade comum e da descendência com modificação, a heurística negativa rejeita teorias que questionem este núcleo, como por exemplo as teorias fixistas (Aristóteles), transformistas (Lamarck) ou memo criacionistas (ALMEIDA; FALCÃO, 2005). Já a *heurística positiva* indica os caminhos que o programa deve se desenvolver, ou seja, os temas e problemas de pesquisa que devem ser desenvolvidos visando seu fortalecimento teórico e empírico, de modo a aumentar a legitimidade do núcleo duro do PPC.

⁶ O termo heurística, de acordo com Figueira (2005), corresponde ao “conjunto de métodos e regras que prevê ou leva a uma descoberta ou à resolução de problemas, normalmente através de uma aproximação gradual. Do ponto de vista etimológico, *heurístico* e *heurística* têm origem no verbo grego *heurisko* “descobrir, encontrar”, cuja forma *heúreka* “encontrei” (sendo a forma portuguesa *heureka* ou *eureka*) foi consagrada como exclamação usada quando se faz uma descoberta importante (tradicionalmente atribuída a Arquimedes ao descobrir um princípio da física

⁷ Segundo Lakatos (1979, p. 162) a heurística positiva e negativa de um programa de pesquisa “dão uma definição do ‘referencial conceitual’ (e conseqüentemente da linguagem). O reconhecimento de que a história da ciência é a história dos programas de pesquisa mais do que das teorias pode, portanto, ser visto como uma justificação parcial do ponto de vista de que a história da ciência é a história de estrutura conceituais ou das linguagens científicas”.

O corpo teórico de um PPC é definido pelas suas *hipóteses auxiliares*, que são construídas pela orientação da heurística positiva, reforçam o núcleo duro, e são agrupadas em estruturas de modelos de explicação da realidade. O conjunto das hipóteses auxiliares formam o *cinturão protetor* de um PPC. Quanto mais robustas e numerosas forem os modelos formados pelas hipóteses auxiliares, mais forte será o cinturão protetor, e mais protegido e fortalecido estará o núcleo duro do PPC. A *força heurística* caracteriza o “poder explanatório” do PPC, ou “a força de um programa para antecipar teoricamente fatos novos em seu crescimento” (LAKATOS, 1979, p. 191).

Os PPCs se desenvolvem em meio a oceanos de anomalias, contudo elas não refutam os PPCs e também não são resolvidas anarquicamente. Nos PPCs, as anomalias agem apenas no cinturão protetor, ou seja, nas hipóteses auxiliares, não atingindo o núcleo duro. As anomalias as quais o PPC irá pesquisar são definidas por meio da heurística positiva, que orienta o(a) pesquisador(a) em relação a quais anomalias são prioritárias. Essas anomalias devem ser explicadas a partir do PPC, e são convertidas em “enigmas”, isto é, em desafios que o PPC deve buscar resolver. O enigma pode ser resolvido de três formas: “*solucionando-o dentro do programa original (a anomalia transforma-se em exemplo); neutralizando-o, isto é, solucionando-o dentro de um programa independente, indiferente (a anomalia desaparece); ou, por mim solucionando-o dentro de um programa rival (a anomalia converte-se num exemplo contrário)*” (LAKATOS, 1979, p. 196, nota de rodapé).

Observar a história da ciência por meio da MPPC, consiste, portanto, em reconstruir racionalmente os PPCs em competição em determinado caso histórico. Na MPPC, o programa de pesquisa científica assume a característica de ser *progressivo* ou *regressivo*. O PPC progressivo é aquele considerado “aceitável” ou “científico”, por demonstrar a descoberta de fatos novos, teóricos e empíricos, ou nas palavras de Lakatos, se tiver “excesso corroborado de conteúdo empírico” (LAKATOS 1979, p. 142).

O PPC regressivo não apresenta a descoberta de fatos novos, apenas hipóteses *ad hoc*, e pode ser considerado pseudocientífico, porém tal caracterização precisa ser feita com cautela. A história da ciência demonstra que os(as) cientistas não trocam de PPC tão facilmente. Em geral, eles(elas) buscam insistentemente corroborar o PPC no qual estão inseridos, mesmo que este PPC apresente muitas refutações e anomalias. Deste modo, torna-se legítimo pesquisadores(as) insistirem em PPCs novos, que ainda possuem pouco conteúdo empírico verificado, ou mesmo em

PPCs regressivos, pois há casos na história da ciência em que PPCs regressivos passam por transformações forjando novos PPCs progressivos. Neste sentido, Lakatos é altamente antidogmático na ciência, assim como Popper, e avança em reconhecer a necessidade da crítica permanente e da existência do contraditório em uma dialética concorrencial entre as teorias científicas (LAKATOS, 1998a, b, 1979).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Evidenciar o programa de pesquisa científica aplicada aos estudos sobre agrotóxicos e saúde na obra Primavera Silenciosa de Rachel Carson

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar a teoria de Imre Lakatos e compreender a metodologia dos programas de pesquisa científica;
- Analisar o livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson à luz da teoria lakatosiana e identificar os elementos que constituem o programa de pesquisa científica na obra;
- Discutir sobre programas de pesquisa científica que fundamentam o uso de agrotóxicos.

4 MÉTODO

4.1 TIPO DE ESTUDO

O tipo de estudo dessa tese é bibliográfico analítico e epistemológico. O estudo bibliográfico abrange a bibliografia pública em relação ao tema de estudo com a finalidade de colocar o(a) pesquisador(a) em contato com o máximo do que já foi escrito sobre o assunto e propiciar uma análise do objeto sob um novo enfoque, chegando a novas conclusões. A leitura analítica consiste no ordenamento e sumarização das informações coletadas nas fontes bibliográficas (LAKATOS; MARCONI, 2003; GIL, 2009).

O aporte teórico no qual o método está sustentado trata-se da lógica da pesquisa científica, que tem como principal expoente o filósofo Karl Popper. A lógica da pesquisa científica não está relacionada com a disciplina da filosofia denominada “Lógica”. Para Popper (2013) ela é uma “teoria do método científico”, metamétodo ou metodologia. Esta teoria do método está relacionada “à *escolha de métodos* – a decisões acerca da maneira de manipular enunciados científicos”. O conjunto de escolhas de métodos corresponderá às “regras metodológicas” da pesquisa (ou as regras do jogo da Ciência). É o estudo sistemático das relações entre as regras metodológicas que o autor define como a Lógica da Pesquisa Científica⁸ (POPPER, 2013, p. 45, 48).

Trata-se, portanto, de um estudo de caráter epistemológico acerca da lógica da pesquisa científica sobre agrotóxicos e saúde. A epistemologia, ou teoria do conhecimento, tem por objetivo estudar três dimensões do conhecimento: as origens, os fundamentos e os limites (CHIBENI, 1993). Nesta tese buscou-se compreender os fundamentos e limites do conhecimento científico presente na lógica da pesquisa científica sobre agrotóxicos saúde a partir da MPPC (LAKATOS, 1979).

4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA (MPPC)

Para estudar a lógica da pesquisa científica sobre os agrotóxicos partiu-se do referencial da MPPC na construção metodológica da tese, de modo a expressar os fundamentos e limites do

⁸ Nas palavras do autor: “o resultado de um estudo a propósito das regras do xadrez poderia, talvez, intitular-se “Lógica do Xadrez”, [...]. (Analogamente, o resultado de uma investigação a respeito das regras do jogo da Ciência – ou seja, da pesquisa científica – pode intitular-se “Lógica da Pesquisa Científica”.)” (POPPER, 2013, p. 48)

conhecimento científico sobre agrotóxicos por meio dos Programas de Pesquisa Científica a respeito do tema.

Nas publicações em inglês de Imre Lakatos e de autores quando citam sua teoria, observa-se o emprego de um termo único para referi-la: *Methodology of Scientific Research Programmes* e a sigla *MSRP* ou *SRP* (*Scientific Research Programmes*). Já nas traduções e na literatura em português sobre Imre Lakatos, verifica-se o emprego de dois termos: Programa de Pesquisa Científica e Programa de Investigação Científica. Na versão traduzida do livro “A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento” (LAKATOS; MUSGRAVE, 1979), por exemplo, encontra-se o termo “Programa de Pesquisa Científica”, sem utilização de siglas. Ao fazer uma busca na base de dados do “Google Acadêmico”⁹ com o termo “Imre Lakatos”, observa-se publicações em português sobre o autor tanto com o termo Programa de Pesquisa Científica, com o uso da sigla MPPC ou PPC, assim como o uso do “Programa de Investigação Científica” e com a sigla “PIC”.

É provável que essa dualidade de termos ocorra devido à influência das publicações em língua espanhola, nas quais se utiliza basicamente o termo *Programa de Investigación Científica* e a sigla *PIC*. Na busca realizada no Google Acadêmico¹⁰, observou-se que é mais utilizado nas publicações em português o termo “Programa de Pesquisa Científica” (93 resultados) do que “Programa de Investigação Científica” (58 resultados), a sigla PPC (62 resultados) do que PIC (35 resultados), e MPPC (23 resultados) do que MPIC (4 resultados). Dessa forma, nessa tese utilizou-se, para as publicações em língua portuguesa, o termo Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica e as siglas MPPC e PPC¹¹.

A produção dos conhecimentos científicos, assim como de suas regras metodológicas, está imbricada com seu contexto social. Todavia, sendo a ciência um sistema de conhecimento que possui como características a abstração e a racionalidade, é possível realizar o exercício teórico de uma reconstrução lógica do desenvolvimento desse conhecimento, considerando o seu conteúdo produzido na arena científica ao longo da história¹² (LAKATOS, 1979, p. 169).

⁹ Google Acadêmico < <https://scholar.google.com.br/>>, acessado em 17 de fevereiro de 2020.

¹⁰ Utilizou-se as seguintes estratégias de busca: Imre Lakatos AND “Programa de Pesquisa Científica”; Imre Lakatos AND “Programa de Investigação Científica”; Imre Lakatos AND “PPC”; Imre Lakatos AND “MPPC”; Imre Lakatos AND “PIC”; Imre Lakatos AND “MPIC”.

¹¹ Ressalta-se a necessidade de buscar uma uniformidade do uso do termo na língua portuguesa, de modo a facilitar os processos de busca de referenciais bibliográficos sobre a teoria de Imre Lakatos.

¹² Lakatos menciona a dimensão lógica da ciência, como o “terceiro mundo”: “[...] o crescimento – racionalmente reconstruído – da ciência se verifica essencialmente no mundo das ideias, no “terceiro mundo” de Platão e de Popper, no mundo do conhecimento inteligível, que o independe de sujeitos do conhecimento (O primeiro mundo é o mundo material, o segundo mundo é o mundo da consciência, o terceiro é o mundo das proposições, da verdade, dos padrões:

Esse tipo de distinção é importante, pois não se deve restringir a compreensão da ciência apenas à dimensão política, social ou psicológica, por que ela tem sua característica própria, a racionalidade sistemática. A ciência possui vínculos com essas dimensões que podem ser estudadas e analisadas por teorias e métodos da ciência política, social ou psicologia, contudo apenas elas não explicam tudo, pois a dimensão lógica da construção do conhecimento continua sendo um elemento característico da prática científica, que é melhor estudada pela lógica da pesquisa científica. Assim como é insuficiente analisar a racionalidade “pura” e abstrata da ciência, sem considerar a história real, ou seja, sem os vínculos com a sociabilidade dos pesquisadores, da comunidade científica e a influência disto na sua racionalidade, para compreender o fenômeno científico. Em outras palavras, a ciência é ao mesmo tempo lógica e social, e dessa forma está abordada nessa tese.

A MPPC possui uma forma de analisar a história da ciência, denominada “reconstrução racional” (LAKATOS, 1979). A reconstrução racional busca caracterizar os programas de pesquisa científicos que estão em jogo em um determinado caso histórico da ciência. Parte inicialmente da delimitação do tema ou da área do conhecimento que será analisado, no nosso caso será os agrotóxicos.

Um programa de pesquisa lakatosiano é estruturado pelo seu núcleo duro, a heurística negativa, heurística positiva, hipóteses auxiliares, cinturão protetor e força heurística. A primeira etapa para a reconstrução racional dos programas de pesquisa científica é a identificação do núcleo duro. O núcleo consiste em teorias científicas irrefutáveis por decisão metodológica (LAKATOS, 1979). O cientista as toma como premissas inquestionáveis, básicas para o desenvolvimento da pesquisa. Pode-se considerar o núcleo como a metafísica ou a ideologia do programa de pesquisa. Em conjunto com a identificação do núcleo duro, verifica-se as heurísticas negativas (as linhas de pesquisa que o programa não aceita) e as heurísticas positivas (as linhas de pesquisa que o programa recomenda).

Nas reconstruções racionais feitas por Imre Lakatos, são estudados alguns “casos emblemáticos” na história da ciência na matemática, química e física, nos quais as teorias em estudo sofreram transformações a partir da competição entre os programas de pesquisa científica rivais. No livro “A Lógica do Descobrimeto Matemático: Provas e Refutações” (LAKATOS,

o mundo do conhecimento objetivo. [...]). O programa de pesquisa de Popper visa uma descrição desse crescimento científico objetivo. [...]. Não se pode compreender a história da ciência sem levar em conta a interação dos três mundos.” (LAKATOS, 1979, p. 223-224)

1978) estuda as controvérsias em torno do Teorema de Descartes-Euler. No “O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica” (LAKATOS, 1979) reconstrói o caso da teoria de Proust sobre o peso atômico dos elementos químicos, a teoria de Bohr sobre a emissão de luz através dos átomos, a teoria do Éter, a teoria Quântica e a teoria sobre o Neutrino. No “La metodología de los programas de investigación científica” (LAKATOS, 1998b) reconstrói a revolução Copernicana e o método de Newton. Em todas essas reconstruções, Lakatos parte da gênese e do desenvolvimento de uma teoria para caracterizar os programas de pesquisa em jogo ao longo da história da teoria.

Os agrotóxicos, por serem tecnologias largamente comercializadas e utilizadas em diversos âmbitos sociais, não são objetos de estudo apenas da química ou da agronomia, mas em praticamente todas as áreas do conhecimento verifica-se a inserção do tema agrotóxicos. Ao fazer uma busca simples do termo “*pesticides*” no portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)¹³ verifica-se um total de 272.294 artigos de periódicos científicos. Entre os 10 ‘tópicos’ com maior quantidade de publicações, estão: Química (19%), Engenharia (17%), Agricultura (15%), Saúde Pública (14%), Ciências Ambientais (13%), Ciências Humanas (11%), Ecologia (10%), Biologia (10%), Inseticidas (8%)¹⁴.

Como o objetivo desse estudo é evidenciar a lógica da pesquisa científica sobre agrotóxicos, com foco na interface saúde e ambiente, para identificar os núcleos duros expressos na competição entre os programas de pesquisa científica sobre agrotóxicos elegeu-se a obra “Primavera Silenciosa”, da bióloga estadunidense Rachel Carson (1907-1964), como ponto de partida para a reconstrução racional dos PPCs sobre agrotóxicos (CARSON, 2010). Utilizamos esse livro como ponto de partida, devido sua relevância para tema dos agrotóxicos relacionados à saúde humana e ao meio ambiente.

Para a análise do livro¹⁵ e das bibliografias complementares utilizou-se a técnica de análise temática. A análise temática (MINAYO, 2010) foi utilizada para destacar nas bibliografias em estudo as categorias de relevância na reconstrução racional dos PPCs. Durante a leitura das

¹³ Portal de Periódicos da CAPES < <http://www.periodicos.capes.gov.br/>> Acessado dia 23 de fevereiro de 2020.

¹⁴ A soma das porcentagens superam 100%, pois há periódicos que pertencem a mais de uma área de conhecimento (ex. a “*Environmental Pollution*” pertence à área de Engenharia e Ciências Ambientais, sendo contado em ambas), havendo então sobreposição de publicações por área do conhecimento.

¹⁵ A análise foi realizada na versão do livro em português, acompanhado pela versão em inglês (CARSON, 2002), de modo que alguns termos ou trechos da versão em português foram alterados, de forma que a tradução fique mais adequada, na nossa visão. Os trechos retraduzidos terão a indicação da sigla T.N. (Tradução Nossa) acompanhado do termo ou trecho em inglês.

bibliografias, os trechos do texto foram categorizados a partir de uma lista contendo as categorias lakatosianas (Quadro 1). No procedimento de análise temática, temas relacionados ao conteúdo do texto também foram sendo criados, a partir da repetição de enunciados com núcleos de significados comuns (MINAYO, 2010). Para auxiliar na categorização e tematização dos enunciados utilizou-se o *software* MaxQDA 2022 (VERBI SOFTWARE, 2019).

Quadro 1 - Lista de categorias lakatosianas para análise da lógica da pesquisa científica e reconstrução racional de programas de pesquisa científica.

Cinturão protetor	Heurística Positiva
Condições iniciais	Hipótese auxiliar
Fato novo	Núcleo Duro
Força heurística	Transferência de problemas progressiva
Heurística Negativa	Transferência de problemas regressiva

Fonte: elaborado pelo autor baseado em Lakatos (1989)

Durante a análise bibliográfica para a reconstrução dos núcleos dos programas de pesquisa, identificou-se as hipóteses auxiliares que formam o cinturão protetor e analisou-se a força heurística dos programas. As hipóteses auxiliares de um programa de pesquisa são aquelas teorias ancoradas no núcleo duro irrefutável e funcionam como modelos explicativos da realidade. Recebem o nome de cinturão protetor, pois são responsáveis por fortalecer e corroborar as previsões teóricas do núcleo do PPC, sendo sujeitas a críticas e refutações, na tentativa de não permitir que as refutações cheguem ao núcleo duro, protegendo o núcleo (LAKATOS, 1979).

Na reconstrução racional dos PPCs observou-se as transferências progressivas de problemas (produção de fatos novos corroborados) dentro e entre os programas de pesquisa ao longo da história, assim como as transferências degenerativas de problemas (hipóteses *ad hoc*), de forma a descrever os processos de competição, progresso e degeneração dentro e entre os programas.

Nessa reconstrução foi utilizado também outras fontes bibliográficas sobre agrotóxicos em artigos científicos e livros acadêmicos. Foi necessário, igualmente, dialogar com bibliografias que transcendem o tema dos agrotóxicos e tratam da história das ciências que abordam os agrotóxicos, livros básicos destas ciências, biografias dos(as) pesquisadores(as) influentes, entre outros. A reconstrução racional foi confrontada com elementos que descrevem a história real, de forma a revelar a dialética do caso, resultando em uma espécie de “história destilada” (LAKATOS, 1978, p. 18, 1979).

4.3. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A pesquisa desenvolvida na tese é de caráter teórico e não envolve seres humanos ou outros seres vivos nos procedimentos do estudo, de forma que não criará riscos a estes. De acordo com o Artigo 71 do Regimento Interno do Programa de Pós-graduação em Saúde Pública da ENSP, os estudos “que envolvem apenas revisão bibliográfica, análise de documentos ou de dados de domínio público que não identifiquem os participantes da pesquisa não necessitam de aprovação por parte do sistema CEP-Conep” (PPG-SP/ENSP, 2021).

5 RECONSTRUÇÃO DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA SOBRE AGROTÓXICOS

O impacto acadêmico e social causado pela obra “Primavera Silencia”, de Rachel Carson, não foi por acaso. Gaissler (2015, p. 48-50) elenca três características da autora e da obra que influenciaram na sua grande repercussão: i) linguagem literária e poética de escrever sobre o conhecimento científico, que aproximou o público não-cientista; ii) não trabalhar mais para o governo, nem ser filiada a nenhuma instituição, sendo vista como uma pessoa independente, que não defendia nenhum interesse particular, além do dever com a verdade; iii) desafiou o caráter de verdade absoluta na ciência moderna, porque expôs um lado falho da entidade científica e deu voz a uma geração, anunciando muitos dos pontos centrais do ambientalismo, muitos dos quais ainda existem, como cobrança de responsabilidade social e ambiental da indústria química e o papel ético do(a) cientista.

O livro “Primavera Silenciosa” não só reúne diversos estudos sobre os agrotóxicos e seus impactos na saúde e no meio ambiente, como levanta reflexões sobre o modelo de agricultura, a relação ser humano e ambiente, políticas ambientais e de saúde pública, produção científica, entre outros. Contém 17 capítulos, o primeiro, “Uma fábula para o amanhã”, apresenta o recurso narrativo da fábula composta por parte ficcional, porém fundamenta em acontecimentos reais, para introduzir o tema do livro, e expressa a intenção presente em toda a obra de tornar a linguagem científica menos esotérica e mais acessível ao público em geral. Os capítulos 2 a 16, vão tratando das diferentes dimensões da problemática dos agrotóxicos abordadas pela autora, e no capítulo 17 “A outra estrada”, ela aponta caminhos alternativos para as questões discutidas no livro, sobretudo em relação ao uso massivo de agrotóxicos sintéticos. Em cada capítulo, ela alterna a narrativa entre parágrafos mais teóricos, reflexivos e poéticos, seguidos de parágrafos descritivos de pesquisas e eventos corroborativos. Há nítida preocupação em apresentar casos e pesquisas científicas que corroborem empiricamente seus enunciados teóricos.

A autora utiliza em seu livro várias denominações para os agrotóxicos: pesticidas, inseticidas, herbicidas, venenos, substâncias químicas, produtos químicos, exterminadores químicos, biocidas e exterminadores de insetos e ervas daninhas. Para comentar o conteúdo do livro e das demais bibliografias, utilizaremos o termo agrotóxico, considerando ser o termo mais

adequado na língua portuguesa e utilizado na legislação brasileira vigente (BRASIL, 1989; PASCHOAL, 2019).

5.1 PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA ECOLÓGICO DE RACHEL CARSON: UMA TRANSFERÊNCIA PROGRESSIVA DO PROBLEMA AGROTÓXICO

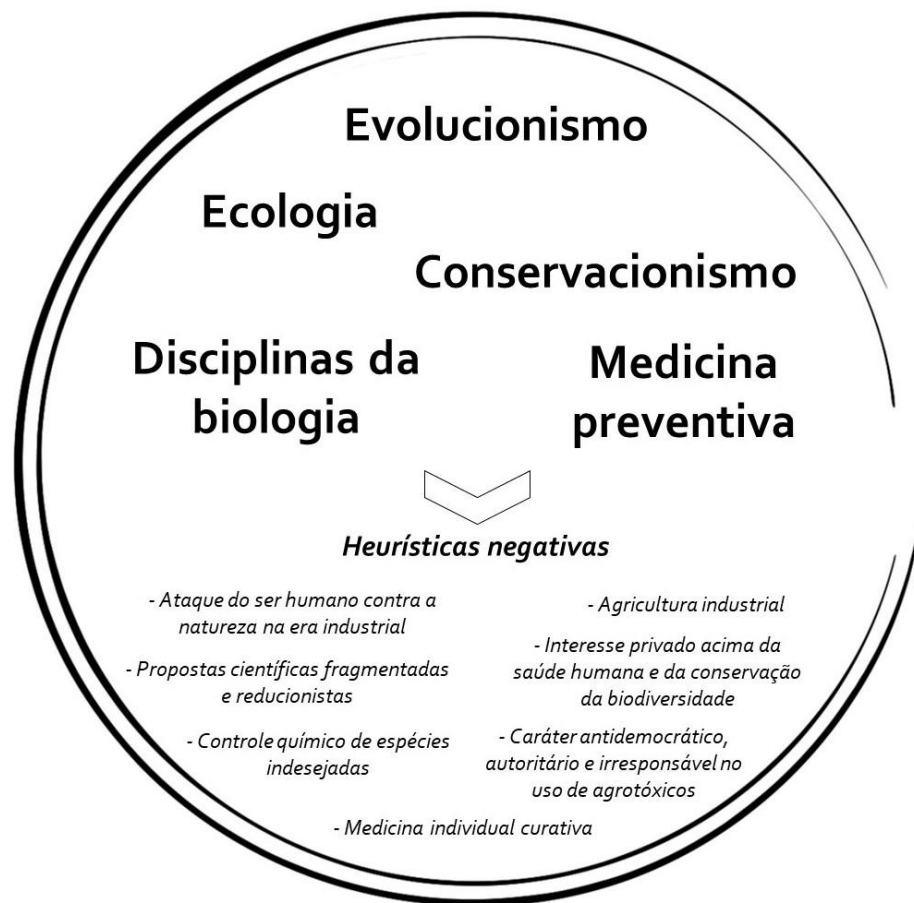
Devido à abordagem ampliada das pesquisas científicas sobre agrotóxicos que a autora apresenta no livro “Primavera Silenciosa” é possível a partir dele caracterizar o programa de pesquisa científica ao qual a autora pertence – o qual denominaremos como *PPC Ecológico* –, assim como permitiu identificar elementos de possíveis programas de pesquisa científica concorrentes.

5.1.1 Elementos do núcleo duro e heurísticas negativas do programa de pesquisa científica Ecológico

A reconstrução racional de um PPC inicia-se pela identificação de seu núcleo duro, que consiste nos enunciados teóricos que os(as) cientistas decidem metodologicamente admitir como “verdadeiros”, “não-testáveis”, “irrefutáveis”. Após a análise do livro, identificou-se quatro blocos teóricos como pertencentes ao núcleo duro do programa de pesquisa científica Ecológico: i) evolucionismo; ii) ecologia iii) conservacionismo; iv) disciplinas da biologia (microbiologia, biologia celular e genética) e medicina preventiva. Concomitante à identificação do núcleo duro observou-se as heurísticas negativas do PPC, que demonstram os caminhos metodológicos que o PPC Ecológico proíbe de serem trilhados (Figura 4). As heurísticas negativas também oferecem indícios do programa de pesquisa concorrente, que será tratado adiante.

A teoria da evolução de Charles Darwin é um elemento exibido pela autora como conhecimento de fundo irrefutável, na modalidade de núcleo duro, em diferentes partes do livro. Foram identificados seis trechos em cinco capítulos do livro, no qual ela utiliza a teoria evolucionista: capítulo 2 “A obrigação de suportar” (página 22); capítulo 6 “O manto verde da terra” (página 66); capítulo 13 “Por uma janela estreita” (página 181); capítulo 14 “Um em cada quatro” (página 187); e capítulo 16 “Os primeiros ribonhos de uma avalanche” (páginas 222 e 229-230).

Figura 4 - Elementos do núcleo duro e heurísticas negativas do programa de pesquisa científica Ecológico.



Fonte: elaborado pelo autor.

No capítulo 2, Carson (2010, p. 22) inicia a primeira frase com “A história da vida na Terra tem sido uma história de interação entre os seres vivos e seu ambiente” e em seguida deixa explícito sua visão evolucionista sobre a origem das espécies: “Em grande parte, a forma física e os hábitos da vegetação e da vida animal terrestre têm sido moldados pelo meio ambiente”.

A seleção natural como mecanismo operatório para a origem das espécies, constitui o núcleo duro da teoria de Charles Darwin (1809-1882), nomeada por ele como teoria da “descendência com modificação”, popularizada como teoria da Evolução¹⁶. Darwin aperfeiçoou

¹⁶A denominação de Evolução para a teoria de Darwin foi feita por Helbert Spencer (1820-1903), filósofo inglês positivista, que tentou aplicar parte da teoria de Darwin nos seres humanos, dando origem ao darwinismo social. Proposições de Spencer e de outros formuladores do darwinismo social, hoje consideradas equivocadas e racistas, deram base para a teoria eugenista que sustenta uma suposta superioridade de raças entre a espécie *Homo sapiens* e necessidade de intervir na reprodução humana, promovendo as ditas ‘raças superiores’ e inibindo as ‘raças inferiores’ (CLAEYS, 2000).

seu programa de pesquisa a cada nova edição do *Origem das Espécies*, chegando a constituir 17 hipóteses auxiliares no cinturão protetor do programa. A partir da década de 1940, a teoria darwiniana da evolução recebe novas e importantes contribuições e sínteses da genética e história natural, de modo a formar a Teoria Sintética da Evolução, considerada como a teoria unificadora dentre todas as teorias biológicas e responsável pelo surgimento da Biologia enquanto disciplina científica (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; MAYR, 2008).

A adaptação de seres vivos ao ambiente por longo período de tempo, por meio da seleção natural, como mecanismo evolutivo é tratado em diferentes aspectos por Carson. Em plantas e animais no capítulo 6:

Ao longo da evolução da paisagem, deve ter havido um longo período de tentativa e erro em que as plantas tentaram colonizar essas terras [...]. Uma após a outra, elas devem ter fracassado. Finalmente, a evolução deu origem a um grupo de plantas que reunia todas as qualidades necessárias para a sobrevivência. [...]
Com as plantas, também a vida animal evoluiu em harmonia com as exigências da terra. [...] (CARSON, 2010, p. 66)

Na relação com substâncias cancerígenas no capítulo 14:

A batalha dos seres vivos contra o câncer começou há tanto tempo que as suas origens se perdem no tempo. [...] todo ser vivo que habitava a Terra estava sujeito [...] [a] riscos aos quais a vida precisava adaptar-se, sob pena de perecer. A radiação ultravioleta do Sol pode causar doenças malignas. Isso também acontece com as radiações de certas rochas, ou com o arsênico lavado do solo ou das rochas [...].
[...] apesar disso, a vida surgiu e, ao longo de milhões de anos, veio a existir em uma quantidade infinita e em uma variedade interminável. Ao longo de éons do vagaroso tempo que caracteriza a natureza, a vida chegou a um ajuste com as forças destrutivas à medida que a seleção eliminava os menos adaptados e só permitia a sobrevivência dos mais resistentes (CARSON, 2010, p. 181).

E na resistência de insetos aos agrotóxicos no capítulo 16:

Se Darwin estivesse vivo hoje, o mundo dos insetos o encantaria e surpreenderia pela impressionante comprovação de suas teorias a respeito da sobrevivência do mais *adaptado* [*T.N.* "fittest"]. Sob a pressão da pulverização química intensiva, os membros mais fracos das populações de insetos estão sendo exterminados. [...] apenas os fortes e preparados permanecem desafiando os nossos esforços para controlá-los.

Cabe destacar que o uso do termo Evolução, hoje amplamente difundido e utilizado, não foi bem aceito por Darwin na época e ainda gera debates, pois pode criar uma interpretação de progresso evolutivo das espécies e de superioridade das espécies adaptadas, quando na verdade a teoria darwiniana trata de distintos processos, nos quais prevalece a aleatoriedade de variação genética e de modificações ambientais em longos períodos de tempo, onde não há nenhum progresso aparente (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; MAYR, 2008, p. 266–269).

O próprio Darwin provavelmente não teria encontrado um exemplo melhor do modo como opera a seleção natural do que o mecanismo pelo qual é criada a resistência (CARSON, 2010, p. 222;229).

A hereditariedade genética e a ancestralidade comum entres os seres vivos, outro elemento da teoria evolucionista, é abordado no capítulo 13, ao comentar sobre a célula e sua conexão entre todos os seres vivos: “Nesse drama elementar, toda vida é revelada como uma só. Os eventos do processo de divisão celular são comuns a toda a vida na Terra [...]”. Esse argumento é reforçado por uma citação a outros autores:

Os aspectos principais da organização celular, inclusive, por exemplo, a mitose, devem ter bem mais de 500 milhões de anos — provavelmente quase um bilhão de anos” [...]. Nesse sentido, o mundo da vida, embora certamente frágil e complexo, é incrivelmente duradouro — mais duradouro do que as montanhas. Essa durabilidade depende totalmente da precisão quase inacreditável com que a informação herdada é copiada de geração para geração (SIMPSON, PITTENDRIGH e TIFFANY, 1957 *apud* Carson, 2010, p. 181).

A *Ecologia*, em resumo, pode ser entendida como a ciência que estuda a relação dos seres vivos entre si e com o meio ambiente. É uma ciência que nasceu possuindo a teoria evolucionista darwiniana como fundamento na explicação da origem das espécies e da história natural, portanto, estão intimamente articuladas (RICKLEFS, 2003, p. 2)¹⁷. No PPC de Carson (2010) não é diferente. Conceitos centrais que articulam essas teorias presentes no livro são “equilíbrio”, “ajuste” e “longos períodos de tempo” (“centenas de milhões de anos”) na relação entre seres vivos e ambiente.

A ecologia, nesse sentido, ao ser considerada também uma teoria irrefutável pela autora, assume a função de núcleo duro no PPC e, sobretudo, atua como coluna vertebral do programa ao subsidiar e articular as demais teorias do núcleo duro e todas as heurísticas e hipóteses auxiliares. Por esse motivo, o denominamos como *PPC Ecológico*, visto o papel central e organizador que a teoria ecológica assume.

Em todos os capítulos, a forma como os temas são desenvolvidos e apresentados perpassam a teoria ecológica. De forma explícita, foram identificados 35 trechos em 10 capítulos do livro, no

¹⁷ O termo Ecologia foi definido inicialmente pelo zoólogo alemão Ernst Haeckel em 1870, como o “*corpo de conhecimento referente à economia da natureza – a investigação das relações totais dos animais tanto com o seu ambiente orgânico quanto com o seu ambiente inorgânico; incluindo, acima de tudo, suas relações amigáveis e não amigáveis com aqueles animais e plantas com os quais vêm direta ou indiretamente a entrar em contato – numa palavra, ecologia é o estudo de todas as inter-relações complexas denominadas por Darwin como as condições da luta pela existência.*” (RICKLEFS, 2003, p. 2)

qual há menção a teoria ecológica: capítulo 2 “A obrigação de suportar” (página 22); capítulo 4 “Águas da superfície e mares subterrâneos” (páginas 49-50, 53 e 56); capítulo 5 “Os reinos do solo” (páginas 57-58 e 60); capítulo 6 “O manto verde da terra” (páginas 65, 67, 69, 73 e 77-78); capítulo 8 “E nenhum pássaro canta” (páginas 108-109); capítulo 9 “Rios de morte” (páginas 133-135); capítulo 12 “O preço humano” (páginas 162-163); capítulo 13 “Por uma janela estreita” (página 172); capítulo 15 “A natureza contra-ataca” (páginas 208-209, 211-212); e capítulo 17 “A outra estrada” (página 246).

Duas categorias utilizadas com frequência pela autora são centrais em seu núcleo duro ecológico: equilíbrio da natureza e teia da vida. O equilíbrio da natureza é definido como “um sistema complexo, preciso e altamente integrado de relações entre seres vivos [...]; é fluido, em perpétua mudança, em constante estado de ajuste”. Essa integração entre os seres vivos reflete os “inter-relacionamentos” e a “interdependência” na “intrincada teia da vida cujos fios entrelaçados vão desde os micróbios até os seres humanos” (CARSON, 2010, p. 209;163;70).

Considerando a amplitude da utilização da teoria ecológica na obra, de forma esquemática, foram destacadas duas grandes dimensões do uso dessa teoria no livro: i) biosfera e subáreas da ecologia (ecologia do solo, ecologia costeira e marinha e ecologia de insetos/entomológica); e ii) ecologia humana.

Quanto à biosfera, trata-se da compreensão do inter-relacionamento entre todos os meios bióticos (vivos) e abióticos (não vivos) do planeta Terra (RICKLEFS, 2003, p. 3). Essa perspectiva fica explícita ao tratar sobre a água, o solo e a vegetação, nos capítulos 4, 5 e 6:

Raramente ou nunca a natureza funciona em compartimentos fechados e separados, e com certeza não é assim que ela age ao distribuir o suprimento de água na Terra. [...] Deve-se pensar na água também em termos das cadeias de vida que sustenta — desde as células verdes, tão pequenas quanto grãos de pó, do plâncton flutuante, passando pelas minúsculas pulgas d’água até os peixes que filtram o plâncton da água e são, por sua vez, comidos por outros peixes, ou por pássaros, martas e guaxinins — em uma transferência cíclica sem fim da vida para a vida. [...] A vida não apenas formou o solo, mas também outros seres vivos de incrível abundância e diversidade que agora existem nele; se não fosse assim, o solo seria algo morto e estéril. Com sua presença e suas atividades, a miríade de organismos do solo tornou-o capaz de sustentar o manto verde da Terra. [...] A água, o solo e o manto verde da Terra formado pelas plantas constituem o mundo que sustenta a vida animal em nosso planeta. [...] A vegetação terrestre é parte de uma teia de vida em que existem relações íntimas e essenciais entre as plantas e a Terra, entre as plantas e outras plantas, entre as plantas e os animais (CARSON, 2010, p. 49;53;57-58;65).

As subáreas da ecologia abordadas com maior evidência foram a ecologia do solo no capítulo 5, ecologia costeira e marinha no capítulo 9, e ecologia de insetos no capítulo 15:

[...] o solo depende da vida, estando as suas próprias origens e a conservação de sua verdadeira natureza intimamente relacionadas com as plantas e os animais viventes. Isto porque o solo é, em parte, uma criação da vida, nascido de uma maravilhosa interação entre vida e não vida desde longas eras passadas. [...]

As águas próximas da costa — as baías, os braços de mar, os estuários dos rios, os pântanos de maré — formam uma unidade ecológica da maior importância. Eles estão ligados tão íntima e inevitavelmente à vida de muitos peixes, moluscos e crustáceos que, caso se tornem inabitáveis, esses frutos do mar desapareceriam de nossa mesa. [...]

Os predadores — insetos que matam e se alimentam de outros insetos — são de muitos tipos. Alguns são rápidos e, com a velocidade das andorinhas, agarram a presa nos ares. Outros caminham metodicamente pelos caules, apanhando e devorando insetos sedentários como os afídeos. [...]

Ainda mais extraordinários em seus hábitos são os insetos parasitas. Eles não matam os hospedeiros de imediato. Em vez disso, por meio de diversas adaptações, valem-se das vítimas para nutrir seus próprios filhotes. [...]” (CARSON, 2010, p. 57; 134; 211–212)

A ecologia humana é também uma subárea da ecologia, porém, devido à centralidade dessa área no livro, foi destacada como uma dimensão a parte. De acordo com Carson (2010, p. 163), o “ser humano, por mais que finja o contrário, é parte da natureza”. A abordagem da ecologia humana assumida por Carson não só considera a espécie humana como mais uma na teia da vida dos ecossistemas, mas também como a espécie que tem alterado o meio ambiente e os sistemas vivos de forma global e de maneira inédita na história natural da Terra:

[...] Considerando toda a duração da vida terrestre, o efeito [...] em que a vida modifica na prática seu ambiente, tem sido relativamente insignificante. Apenas no período representado pelo século presente uma das espécies — o ser humano — adquiriu poder significativo para alterar a natureza do seu mundo.

[...] O ser humano também é parte desse equilíbrio [da natureza]. Às vezes o equilíbrio pende a seu favor; outras vezes — muitas vezes em decorrência de suas próprias atividades —, ele pende para o lado contrário ao seu (CARSON, 2010, p. 22; 209).

Faz parte do núcleo duro do PPC Ecológico, portanto, a compreensão desse efeito único na história natural do planeta Terra, da interferência de atividades da espécie humana em todo o meio ambiente do planeta, alterando-o significativamente. Para a autora, o ser humano tem promovido “ataques” contra o meio ambiente, sendo o mais alarmante deles “a contaminação do ar, do solo, dos rios e dos mares com materiais perigosos e até mesmo letais” (CARSON, 2010, p. 22).

Carson atribui como “frutos da Era industrial” a forma de ataque global do ser humano contra a natureza e as suas consequências, pois a partir desse período histórico o poder humano de

transformação da natureza “não apenas aumentou até atingir magnitude preocupante como mudou de caráter” (CARSON, 2010, p. 22; 162). A autora expõe essa concepção ao tratar sobre as substâncias cancerígenas sintéticas, no capítulo 14 “Um em cada quatro”:

Com o surgimento do ser humano, a situação começou a mudar, pois ele é a única entre todas as formas de vida que consegue criar substâncias causadoras de câncer [...]. Com o alvorecer da era industrial, o mundo se tornou um local de mudança contínua e em aceleração constante. O meio ambiente natural foi rapidamente substituído por outro artificial, composto de novos agentes químicos e físicos, dos quais muitos apresentam poderosas capacidades de induzir mudanças biológicas (CARSON, 2010, p. 187–188).

A autora relaciona esse novo meio ambiente contaminado oriundo da era industrial também com o modo de vida na modernidade, em diferentes trechos observa-se essa relação ao usar termos como “estilo moderno de viver”, “homem moderno”, “comodidades da civilização”, “estilo de vida moderno”, “mundo moderno”, “nossa economia e estilos de vida” (CARSON, 2010, p. 25, 65, 157, 162, 203, 206).

Carson se opõe a essa forma de ataque do ser humano contra a natureza na era industrial do mundo moderno, podendo ser identificada como uma *heurística negativa* do PPC Ecológico. A autora explica sua crítica argumentando sobre o “mundo estéril e hediondo que estamos deixando nossos técnicos criarem”. A ideia de “conquistar”, “controlar”, “moldar a natureza conforme nossa satisfação”, lidando com a natureza de “forma apressada”, “não seletiva”, “pela força bruta”, “exprime arrogância, nascida da era Neanderthal da biologia e da filosofia, quando se supunha que a natureza existisse para a conveniência do ser humano” (CARSON, 2010, p. 68, 72, 83, 208, 229, 249).

Essa questão científica, epistêmica e filosófica, ligada a heurística negativa do ataque do ser humano contra a natureza, é enfatizada por Carson (2010) a partir da descrição do cenário de incertezas que envolvem as consequências ecológicas e sanitárias oriundas das ações humanas, sobretudo a poluição ambiental. Em diversos trechos a autora expõe a concepção de que, do ponto de vista científico e técnico, o conjunto dos impactos ambientais e sanitários das atividades humanas fogem da nossa compreensão e controle, sendo esse mais um elemento do núcleo duro do PPC Ecológico.

No capítulo 3 “Elixires da morte”, considera que “a engenhosidade dos químicos para criar inseticidas há muito tempo ultrapassou o conhecimento biológico sobre a forma como esses venenos afetam os organismos vivos” (CARSON, 2010, p. 37). Para versar a respeito dessa lacuna

de conhecimento, utiliza com frequência termos como: “ninguém sabe”, “não sabemos”, “imprevisível”, “pouco compreendidos”, “efeitos invisíveis e amplamente desconhecidos e imensuráveis”, “imensamente complicado” ao tratar sobre “as derradeiras consequências” do uso massivo de DDT e outros hidrocarbonetos, a aniquilação de plantas benéficas com herbicidas, as consequências de interação entre substâncias químicas na natureza e os impactos no ser humano, a poluição da água e a exposição e acumulação de substâncias tóxicas no corpo humano (CARSON, 2010, p. 36, 47-49 51, 77, 136, 162, 168, 203).

Da mesma forma, considerando a complexidade e o elevado grau de imprevisibilidade característico dos sistemas biológicos e ecológicos, apresenta termos como “danos infinitos”, “irrecuperável”, “irreparável”, “irreversível” e “incontrolável”, que denotam a dimensão ilimitada, fora de controle e desastrosa dos impactos ambientais e sanitários gerados pela poluição ambiental provocada pelo ser humano (CARSON, 2010, p. 22, 30, 51, 53, 70, 127, 159, 183, 197, 200, 202).

Visto esse cenário, Carson tece críticas a abordagens científicas limitadas que possuem “visão estreita” e ignoram a relevância e profundidade do problema: “Esta é uma era de especialistas: cada um deles enxerga seu próprio problema e não tem consciência do quadro maior em que ele se encaixa, ou se recusa a apreciá-lo” (CARSON, 2010, p. 28). Em consequência, avalia como “preocupante tragédia” o fato de “que uma ciência tão primitiva tenha-se armado com as mais modernas e terríveis armas, e que, ao voltá-las contra os insetos, tenham-nas voltado também contra a Terra” (CARSON, 2010, p. 249). Nesse aspecto, constata-se a heurística negativa em relação a propostas científicas que estudam de forma fragmentada e reducionista o problema da poluição ambiental e desconsideram a complexidade presente na abordagem ecológica.

Ligado a essa heurística negativa, está a crítica à agricultura moderna assentada na monocultura, sendo outra heurística negativa do PPC Ecológico. O que torna problemático o sistema de monocultura é a tendência de simplificação da natureza, pois o “cultivo de um único produto não se beneficia dos princípios pelos quais a natureza opera: trata-se de agricultura como um engenheiro a concebe”. Esse modelo de agricultura, que “desfaz o sistema interno de equilíbrio de poderes pelo qual a natureza mantém as espécies dentro de limites”, além de prejudicial à saúde humana e à conservação da biodiversidade, é considerado também condição inicial para a emergência explosiva na quantidade de insetos indesejados na agricultura (CARSON, 2010, p. 26).

Em relação à heurística negativa do ataque do ser humano contra a natureza, Carson especifica e evidencia o que ela denomina de “guerra da humanidade contra a natureza”,

relacionado ao uso de substâncias químicas em larga escala na “matança de insetos, ervas daninhas, roedores e outros organismos descritos no linguajar moderno como ‘pestes’”. Em diversos trechos ela utiliza a analogia bélica para tratar dessa questão: “bombardeio de venenos na superfície da Terra”, “guerra contra os insetos”, “guerra simultânea que travamos contra as ervas daninhas”, “cruzada contra os insetos”, “guerra química”, “voltamos nossa artilharia contra esses [insetos] amigos”, “bombardeio de produtos químicos contra o tecido da vida” (CARSON, 2010, p. 23–24, 44, 83, 139, 213, 149).

O controle populacional de espécies indesejadas utilizando substâncias químicas sintéticas biocidas – o controle químico – se apresenta, portanto, como heurística negativa no PPC Ecológico, por ser justamente o principal método pelo qual a humanidade tem travado essa guerra contra a natureza. O controle químico é criticado em diversas modalidades em que é aplicado: agricultura, saúde pública, manejo florestal, jardinagem, entre outros (CARSON, 2010).

A crítica ao controle químico parte da forma “indiscriminada” em que é realizada e pela desconsideração dos efeitos negativos em cadeia que ocorrem nos “complexos sistemas biológicos”, pois por meio desse método o ser humano “contaminou todo o meio ambiente e trouxe a ameaça da doença e da morte inclusive para sua própria espécie”. No capítulo 5 “Os reinos do solo”, aponta que o controle químico é realizado supondo que “o solo poderia e iria tolerar qualquer quantidade de agressões, na forma da introdução de venenos, sem revidar. A própria natureza do mundo do solo tem sido amplamente ignorada”. No capítulo 15 “A natureza contra-ataca” destaca dois aspectos “negligenciados na elaboração dos programas modernos de controle dos insetos”: i) o controle natural de insetos por predadores, competidores e parasitas, denominado de “resistência do meio ambiente”, que é fragilizado com o uso massivo de agrotóxicos; e ii) “o poder verdadeiramente explosivo de reprodução de uma espécie, uma vez que a resistência do meio ambiente tenha sido enfraquecida” (CARSON, 2010, p. 25, 60, 75, 209–210).

Desse modo, o controle químico

[...] é, na melhor das hipóteses, uma medida tapa-buracos que não proporciona nenhuma solução real; na pior das hipóteses, mata os peixes dos rios, cria pragas de insetos e destrói os controles naturais e aqueles controles que talvez estejamos tentando introduzir. [...] (CARSON, 2010, p. 249)

Acrescenta-se a essa heurística negativa a crítica quanto à ineficiência e o alto prejuízo econômico. O uso maciço de controle químico tem alcançado “sucesso apenas limitado” e seguem

a “tendência moderna da obsolescência planejada, já que o controle químico é autoperpetuante, necessitando de reaplicações frequentes e onerosas”, dessa forma “são só formas extremamente caras de ganhar tempo” (CARSON, 2010, p. 26–27, 74).

O conceito de “erradicação” faz parte dessa heurística negativa da guerra química contra a natureza por meio do controle químico. A autora, ao citar os casos fracassados e trágicos da tentativa de “erradicar” pelo controle químico a mariposa-cigana e a formiga lava-pés, na década de 1950, nos EUA, considera inapropriado falar em erradicação, que “significa a extinção completa e final, ou o extermínio de uma espécie em todo o seu hábitat”, pois “a guerra química jamais é vencida, e toda a vida é capturada em seu violento fogo cruzado” (CARSON, 2010, p. 24, 139).

A compreensão de que a ecologia humana no mundo contemporâneo vem se expressando por meio do ataque e da guerra do ser humano contra a natureza, sendo o controle químico parte importante desse processo, somado ao entendimento das limitações científicas no conhecimento e no controle dos impactos sócio-sanitário-ambientais das substâncias químicas poluentes e patogênicas, além de ser importante no núcleo duro, também dará subsídio ou corresponderá à condição inicial para as principais hipóteses auxiliares sobre os agrotóxicos do PPC Ecológico.

O *conservacionismo* – outro elemento do núcleo duro do PPC Ecológico – se refere a uma vertente do movimento ambiental, sobretudo norte-americano, que emergiu entre o final do século XIX e começo do século XX, em contraposição à vertente preservacionista. O preservacionismo, originado na elite da Grã-Bretanha, com fundamentos principalmente religiosos e românticos quanto ao papel da natureza, defendia a restrição e proteção total do uso de áreas naturais virgens, com exceção ao uso recreacional e educativo. O conservacionismo também admite valores éticos, estéticos e ecológicos de preservação da natureza – visão biocêntrica em contraposição à antropocêntrica –, entretanto, defende a possibilidade e necessidade do uso sustentado dos bens naturais (JATOBÁ; CIDADE; VARGAS, 2009; MCCORMICK, 1992).

O movimento conservacionista é simultaneamente político e científico, e apresentou-se heterogêneo, dividido principalmente entre liberais econômicos e progressistas. Na década de 1930, dentro do governo estadunidense, conservacionistas liberais utilizavam a retórica do uso racional e sustentado de recursos naturais, para justificar a exploração empresarial da natureza, que na prática não seguia os preceitos ecológicos. Por outro lado, nesse mesmo período, conservacionistas progressistas, representados(as) sobretudo por profissionais e pesquisadores(as) com formação técnica na área ambiental, demarcavam a crítica aos liberais, reforçando, além da

perspectiva biocêntrica, a contrariedade ao monopólio e ao livre mercado, a imoralidade dos interesses privados voltados à exploração dos recursos naturais da nação para benefício próprio, e a defesa da justiça econômica e da democracia (MCCORMICK, 1992).

Desde a década de 1980, o conservacionismo vem se consolidando também como disciplina científica: a biologia da conservação. SOULÉ (1985) caracteriza a biologia da conservação como uma disciplina de crises, criada para tentar resolver problemas como as consequências ecológicas e sanitárias da poluição química, da introdução de espécies exóticas e de organismos artificialmente produzidos, os locais e tamanhos das unidades de conservação, entre outros. Essa disciplina possui uma estrutura sintética, eclética e multidisciplinar da biologia, na qual se verifica a codependência das ciências biológicas com disciplinas das ciências sociais.

É possível identificar em Carson (2010) a presença de elementos do conservacionismo progressista no núcleo duro de seu programa, entre eles, a defesa da conservação do ambiente natural, envolvendo ao mesmo tempo a admiração, encantamento e amor pela natureza, assim como o posicionamento ético e político relacionado ao modo como o ser humano faz parte e utiliza da natureza.

No capítulo 6, “O manto verde da terra”, ao descrever a vegetação do estado do Maine nos EUA, Carson (2010, p. 70, grifo nosso) se coloca como “nós que nutrem um *profundo amor à beleza* daquele estado”, relata o “*prazer* atravessar aquelas estradas em meio a florestas” e cita a declaração de um juiz: “Os valores estéticos da natureza são nossa herança tanto quanto as veias de cobre e ouro em nossas colinas e as florestas em nossas montanhas” (DOUGLAS, W *apud* CARSON, 2010, p. 73).

No capítulo 13 “Por uma Janela Estreita”, para explicar o funcionamento da respiração celular, demonstra sua admiração com os detalhes do processo da vida. Para a autora a dinâmica na qual as células atuam “é uma das *maravilhas* do mundo vivo. O fato de que todas as partes em funcionamento são de tamanho infinitesimal torna esse *milagre* ainda mais *impressionante*”. Sobre as mitocôndrias, descreve que elas são “bilhões de fogueirinhas ardendo brandamente [que] acendem a energia da vida” (CARSON, 2010, p. 174, grifo nosso).

Ao criticar o uso de agrotóxicos em maior quantidade e mais tóxicos, devido à resistência de insetos, no capítulo 16 “Os primeiros ribonhos de uma avalanche”, a autora cita o biólogo holandês C. J. Briejèr: “a vida é um *milagre* além da nossa compreensão, e deveríamos *reverenciá-la* mesmo quando temos de lutar contra ela” (BRIEJÈR, C. J. *apud* CARSON, 2010, p. 232, grifo

nosso), e complementa no capítulo 17 “A outra estrada”, que perante as “*capacidades extraordinárias* da vida” é necessário “uma ‘nobreza de espírito’, uma *humildade* diante das vastas forças” da natureza (CARSON, 2010, p. 249, grifo nosso).

No núcleo duro conservacionista do PPC Ecológico é possível verificar o questionamento ético e político a partir da heurística negativa do ataque do ser humano contra a natureza na era industrial, apontada no núcleo da ecologia humana. A autora assinala que há uma “filosofia que agora parece guiar nossos destinos”, uma “visão estreita” sobre o meio ambiente na qual “o ser humano esqueceu suas origens e está cego até mesmo para suas necessidades mais básicas de sobrevivência”, tornando a natureza e ele mesmo “vítima da indiferença humana” (CARSON, 2010, p. 47, 65, 83).

A civilidade humana é questionada e reforça a heurística negativa da guerra da humanidade contra a natureza, pois essa problemática levanta uma “questão que é não apenas científica como também moral. A questão é se qualquer civilização pode travar uma guerra incessante contra a vida sem destruir a si própria, e sem perder o direito a ser chamada de civilizada” (CARSON, 2010, p. 95).

A sobreposição do interesse privado de empresas em relação à saúde humana e a conservação da biodiversidade é um questionamento recorrente, de forma a se caracterizar como *heurística negativa* do PPC Ecológico, relacionado à dimensão ética e política do núcleo conservacionista e vinculada à heurística negativa do ataque e guerra do ser humano contra a natureza na era industrial.

Esse questionamento fica evidente quando a autora reconhece que vivemos uma “era dominada pela indústria, em que o *direito de ganhar um dólar a qualquer custo* dificilmente é contestado”, que em “nome do progresso, os órgãos de administração fundiária estão decididos a satisfazer as *demandas insaciáveis* dos criadores de gado”. Essa demanda insaciável por riqueza é também questionada no mercado de agrotóxicos, representada por “*ávidas* empresas”, de modo que “nos planos e nas esperanças da indústria, essa produção enorme é apenas um começo” (CARSON, 2010, p. 28, 31, 67, 69, grifo nosso).

No capítulo 14 “Um em cada quatro”, ao tratar sobre os agentes químicos cancerígenos, considera que eles

[...] se entricheiraram em nosso mundo de duas formas: em primeiro lugar, ironicamente, pela busca do ser humano por uma vida melhor e mais fácil; em segundo, porque a fabricação e a venda de tais produtos químicos se tornou parte aceita da nossa economia e estilo de vida (CARSON, 2010, p. 206).

Tal afirmação se assemelha ao duplo caráter da mercadoria capitalista – valor de uso e valor de troca – assinalado por MARX (2017). O valor de uso se refere à utilidade da mercadoria, é condicionada pelas propriedades do corpo da mercadoria, se efetiva apenas no seu uso ou consumo e dá suporte material ao valor de troca (MARX, 2017, p. 113–114). Nesse sentido, as substâncias químicas cancerígenas produzidas pela indústria foram introduzidas, de um lado, considerando seu valor de uso, por exemplo na produção de energia com o carvão mineral, derivados do petróleo e substâncias radioativas, no controle de espécies indesejadas na agricultura e saúde pública, na fabricação de diversos materiais, entre outros.

A realização do valor de troca da mercadoria capitalista é o complexo processo social pelo qual se extrai o lucro da mercadoria, por meio da exploração do trabalho e da natureza. Se constitui como o objetivo principal da empresa capitalista, sendo o ponto central em torno do qual gira o entendimento da economia política sobre o processo global de acumulação de capital (MARX, 2017). As substâncias cancerígenas industriais, sendo produtos com valor de uso e de troca, assumem o papel de mercadorias que fazem parte do sistema de acumulação de capital, e desse modo, essa característica se assemelha com segunda forma de difusão dessas substâncias, descritas por Carson (2010).

Outra *heurística negativa* vinculada ao núcleo conservacionista é o questionamento sobre o caráter antidemocrático, autoritário e irresponsável ambiental e sanitariamente nas decisões de autorização e uso massivo de agrotóxicos. Essa posição fica explícita ao indagar

[...] quem tomou a decisão que pôs em movimento essas cadeias de envenenamentos, essa onda cada vez mais ampla de morte que se alastra[...]? [...] Quem decidiu — quem tem o *direito* de decidir — pelas incontáveis legiões de pessoas que não foram consultadas que o valor supremo é um mundo sem insetos, mesmo que este seja também um mundo estéril, sem o encanto da asa encurvada de um pássaro a voar? A decisão é do ditador que foi temporariamente investido desse poder; [...] (CARSON, 2010, p. 116).

Seguindo esse raciocínio, a autora denota ainda a desconsideração às manifestações críticas, pois quando “a população protesta, [...] com óbvias evidências de resultados danosos das aplicações de pesticidas, recebe em resposta pílulas calmantes de meias-verdades” (CARSON, 2010, p. 28). Em consequência desse cenário, pondera que enquanto sociedade

[...] colocamos substâncias químicas venenosas e biologicamente potentes indiscriminadamente nas mãos de pessoas ampla ou totalmente ignorantes de seu potencial

de danos. Submetemos um vasto número de pessoas ao contato com esses venenos sem seu consentimento, e muitas vezes sem seu conhecimento (CARSON, 2010, p. 28).

Complementando o núcleo duro do PPC Ecológico, a partir do livro “Primavera Silenciosa”, estão as *disciplinas da biologia* (microbiologia, biologia celular e genética) e a *medicina preventiva*. Destaca-se que esses elementos estão articulados com os demais os núcleos citados: evolucionismo, ecologia e conservacionismo.

A microbiologia, biologia celular e genética são disciplinas ou áreas das ciências biológicas, que se apresentam no PPC Ecológico como conhecimento irrefutável. A compreensão da existência de microrganismos (bactérias, fungos, vírus, protozoários) e da estrutura e funcionamento celular e genético nos organismos vivos, é admitida como conhecimento de fundo não questionado, portanto, pertence ao núcleo duro do programa de pesquisa. O uso dessas áreas da biologia como núcleo duro é visualizado: nos capítulos 12 “O preço humano”, 13 “Por uma janela estreita” e 14 “Um em cada quatro”, ao tratar, respectivamente, do impacto de substâncias químicas, sobretudo agrotóxicos, na saúde humana, no funcionamento celular e na produção de cânceres; e no capítulo 17 “A outra estrada”, ao propor a utilização de microrganismos como forma de controle biológico de espécies indesejadas.

A medicina preventiva aparece como conhecimento irrefutável no final do capítulo 14 “Um em cada quatro”, ao discutir que medidas devem ser tomadas frente ao aumento de casos de câncer. Primeiro a autora faz um paralelo entre a situação do câncer com o que ocorreu com as doenças infecciosas. Sobre o controle das doenças infecciosas, considera que

[...] Essa brilhante conquista da medicina foi obtida por meio de um ataque em duas frentes: um ataque que enfatizava a *prevenção com a cura*. Apesar do destaque que as “balas mágicas” e “drogas maravilhosas” ganham na mente do leigo, a maioria das batalhas realmente decisivas na guerra contra as doenças infecciosas foi travada na forma de medidas para *eliminar do meio ambiente* os organismos causadores das doenças. (CARSON, 2010, p. 205, grifo nosso)

Em relação ao câncer, a autora sugere a mesma abordagem.

Não seria realista supor que todos os produtos químicos cancerígenos possam ser ou serão eliminados do mundo moderno. Mas uma proporção bastante grande deles não constitui, de forma alguma, necessidades vitais. Com sua *eliminação*, a carga total de cancerígenos diminuiria imensamente, e a ameaça de [...] câncer seria, no mínimo, consideravelmente suavizada. [...]

[...] Para aqueles para quem o câncer já é uma presença oculta ou visível, os esforços para encontrar curas devem, é claro, continuar. Mas para aqueles que não foram ainda atingidos

pela doença e, com certeza, para as gerações ainda não nascidas, *a prevenção é uma necessidade imperativa* (CARSON, 2010, p. 206–207, grifo nosso).

Portanto, a perspectiva de agir na saúde humana a partir de medidas preventivas com foco na eliminação do agente patológico no ambiente – no caso do câncer, as substâncias químicas mutagênicas – constitui o núcleo duro da medicina preventiva no PPC Ecológico. Em consequência, o foco apenas na medicina individual curativa é uma heurística negativa no PPC Ecológico. Ainda tratando sobre o câncer, Carson (2010, p. 206) cita o Dr. Hueper ao criticar a “a ideia fantasiosa que promete ‘uma pílula mágica que tomaremos todas as manhãs antes do café da manhã’ como proteção contra o câncer”, pois uma abordagem

“[...] que se concentrasse totalmente, ou mesmo em sua maior parte, em medidas terapêuticas (mesmo supondo que uma “cura” possa ser encontrada) falharia, [...] porque deixaria intocados os grandes reservatórios de agentes cancerígenos que continuariam a fazer novas vítimas mais rápido do que a esquiva “cura” poderia combater a doença (CARSON, 2010, p. 205).

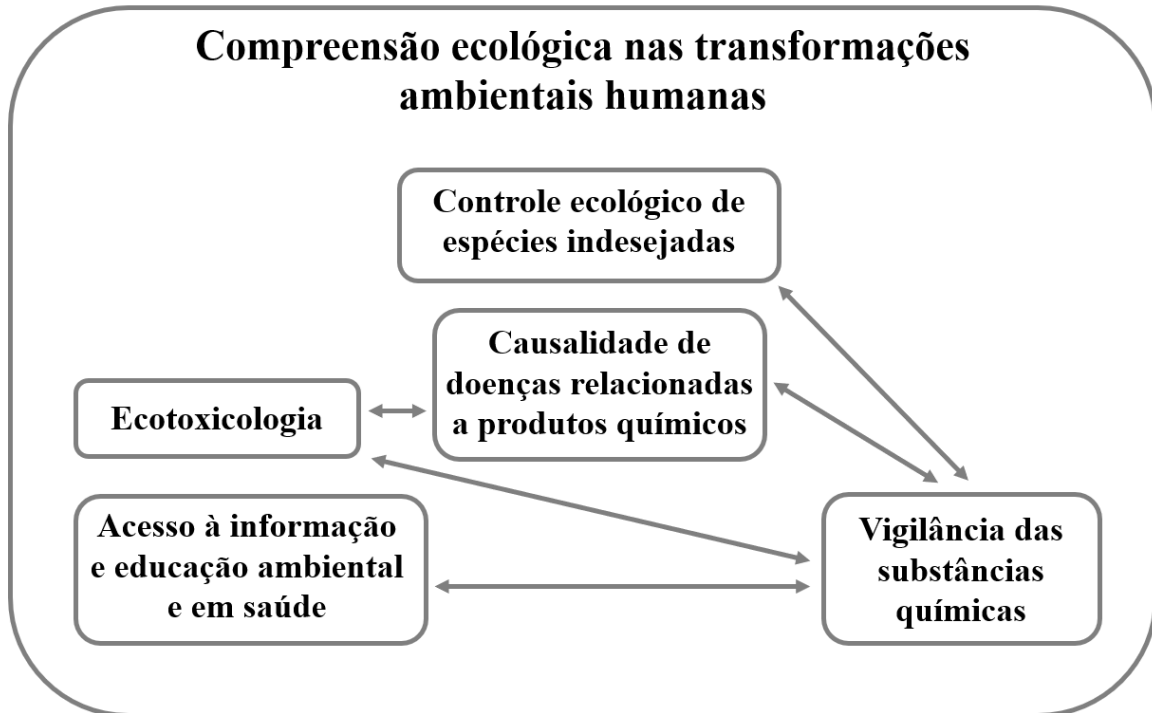
5.1.2 Heurísticas positivas do PPC Ecológico

A partir desse núcleo duro, se deriva as heurísticas positivas do programa de pesquisa. Como heurística positiva, selecionou-se enunciados que ilustram a política propositiva do PPC Ecológico, com os apontamentos de caminhos metodológicos a serem seguidos nas pesquisas científicas. Foram identificadas seis heurísticas positivas: i) compreensão ecológica nas transformações ambientais humanas; ii) controle ecológico de espécies indesejadas, iii) ecotoxicologia; iv) causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos; v) vigilância das substâncias químicas; e vi) acesso à informação e educação ambiental e em saúde (Figura 5).

Partindo do núcleo duro da ecologia, observa-se a heurística positiva da *compreensão ecológica nas transformações ambientais humanas*. Por vezes é inevitável que atividades humanas provoquem perturbações nas relações ecossistêmicas, nesse caso devem ser realizadas compreendendo que “o que fazemos pode ter consequências distantes no tempo e no espaço”. Compartilhamos “a nossa Terra com outros seres vivos”, sendo importante a “consciência de que estamos lidando com a vida — com populações viventes e todas as pressões e contrapressões, avanços e recuos que elas implicam” (CARSON, 2010, p. 65, 249). Nesse sentido, o “*nosso objetivo deveria ser guiar os processos naturais tão cautelosamente quanto possível na direção*

desejada, em vez de usar a força bruta [...]. É preciso ter humildade; não há desculpa para a vaidade científica aqui” (BRIEJÈR apud CARSON, 2010, p. 232).

Figura 5 – Heurísticas positivas do PPC Ecológico e suas interrelações.



Fonte: elaborado pelo autor.

Seguindo o raciocínio dessa heurística, visualiza-se a heurística positiva do *controle ecológico de espécies indesejadas*. Na agricultura, pecuária, silvicultura, saúde pública, jardinagem, entre outras atividades, é fato a necessidade do controle de espécies indesejadas (insetos, plantas, microrganismos, ratos etc.), porém ao invés do controle químico maciço, “esse controle precisa ser adaptado à realidade [...] e que os métodos empregados devem ser tais que não nos destruam” em conjunto com a espécie-alvo (CARSON, 2010, p. 24–25).

Para o controle de espécies indesejadas no PPC Ecológico propõe-se o uso de “métodos ecológicos”, “mais saudáveis e conservacionistas”: fundamentados em “conhecimentos básicos sobre as populações animais e suas relações com seus ambientes que ‘promovam um equilíbrio estável e contenham o poder explosivo de difusão e novas invasões’; “que não visem apenas a destruir uma espécie em particular, e sim a gerenciar a vegetação como uma comunidade viva”; que busquem “observar e imitar a natureza”; e sejam formulados por um corpo de especialistas “que conheçam

os detalhes da vida selvagem e que não sejam tendenciosos em favor dos produtos químicos” (CARSON, 2010, p. 80, 84, 152, 221; ELTON *apud* CARSON, 2010, p. 27).

Para o fortalecimento dessa heurística positiva, ressalta-se a necessidade de políticas de incentivo, “precisamos empregar nossa engenhosidade e recursos” para desenvolvê-lo (CARSON, 2010, p. 125). Ao tratar da contaminação da água por agrotóxicos, Carson (2010, p. 136) reforça que se utilizássemos nas pesquisas para métodos ecológicos de controle de espécies indesejadas “uma fração, ainda que pequena, do dinheiro que é gasto todos os anos no desenvolvimento de inseticidas cada vez mais tóxicos, encontraríamos formas de usar materiais menos perigosos e manter os venenos longe de nossos cursos de água”.

O estudo sobre o impacto ambiental dos produtos químicos, entre eles os agrotóxicos, é outra heurística positiva do PPC Ecológico, que trataremos como *ecotoxicologia*. A partir da constatação de que grandes quantidades de agrotóxicos e outros produtos químicos estão chegando aos ecossistemas aquáticos continentais e oceânicos, Carson (2010, p. 136) aponta para lacunas de conhecimento desse fenômeno, nos quais é necessária investigação, entre eles: a) da identidade de todos os produtos químicos e sua quantidade total; b) de testes confiáveis para identificá-los em estado diluído; e c) da alteração dessas substâncias e interação entre elas no ambiente e sua nova toxicidade. Para autora essas questões “requerem urgentemente respostas precisas que apenas pesquisas detalhadas podem fornecer; entretanto, os fundos para tais finalidades são lamentavelmente escassos”. Complementando essa perspectiva, ao tratar da contaminação do solo, Carson (2010, p. 62) também indica a necessidade de pesquisas que verifiquem a extensão da contaminação dos agrotóxicos no solo e de sua penetração nas plantas.

A partir desses estudos ambientais, incluindo o impacto na saúde humana, a autora orienta para a *contabilização dos custos à sociedade* desse processo ampliado de contaminação e adoecimento por produtos químicos. Para ela,

quando os verdadeiros custos são contabilizados, [...], a maciça difusão de substâncias químicas seria encarada como mais onerosa, tanto em dólares quanto em danos infinitos à saúde a longo prazo da paisagem e de todos os diversos interesses que dela dependem (CARSON, 2010, p. 70).

Considerando essa heurística positiva da ecotoxicologia, com base na teoria ecológica, Carson (2010) reúne, principalmente nos capítulos 4 a 10, diversos estudos científicos e relatórios de casos que corroboram para a necessidade de pesquisas orientadas por essa heurística. A

ecotoxicologia é uma disciplina que nasceu no final da década de 1960 e início da década de 1970, representada pela intersecção entre a toxicologia – que estuda os efeitos de substâncias em organismos – e a ecologia, e possui contribuições importantes a partir da obra “Primavera Silenciosa”. Em diversas publicações a respeito da ecotoxicologia, verifica-se referência a Rachel Carson e seu livro, como marco na formação dessa disciplina (BAZERMAN; SANTOS, 2005; VASSEUR; MASFARAUD; BLAISE, 2021; WELBOURN; HODSON, 2022; ZHOU *et al.*, 2019).

Essa construção e desenvolvimento da disciplina da ecotoxicologia, inspirada nas contribuições da obra Primavera Silenciosa, é evidência de *transferência progressiva*, do problema da contaminação ambiental por agrotóxicos e demais produtos químicos, no PPC Ecológico, pois demonstra a *predição e corroboração de fatos novos* proporcionado pela heurística positiva desse PPC.

A heurística positiva da *causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos* é indicada como uma área complexa que necessita de trabalho interdisciplinar e multiprofissional:

Quando se está preocupado com o misterioso e maravilhoso funcionamento do corpo humano, causa e efeito dificilmente são relações simples e facilmente demonstradas. A causa e o efeito podem estar bastante distantes tanto no espaço quanto no tempo. Descobrir a causa da doença e da morte depende de uma recomposição paciente, desenvolvida por meio de uma vasta pesquisa efetuada em campos bastante separados, de muitos fatos aparentemente distintos e não relacionados (CARSON, 2010, p. 164).

Nesse sentido, para compreender os efeitos tóxicos e patológicos em humanos provocados pelas substâncias químicas, como os agrotóxicos, recomenda-se considerar, de forma integrada na abordagem ecológica, outros tipos de estudos como os ensaios em células e cromossomos e as experiências com diferentes animais (CARSON, 2010, p. 184,190, 197).

Relacionado ao núcleo duro da medicina preventiva, verifica-se a heurística positiva da *vigilância das substâncias químicas*, baseada na eliminação das autorizações concedidas a agentes químicos altamente tóxicos e na fiscalização “vigilante e enérgica, com uma força de inspetores bastante ampliada”, associado à heurística do controle ecológico de espécies indesejadas, a partir de medidas como “usar produtos químicos menos tóxicos” e “explorar persistentemente as possibilidades dos métodos não químicos” (CARSON, 2010, p. 160–161).

Por fim, soma-se a heurística positiva do *acesso à informação e educação ambiental e em saúde*, relacionado aos agrotóxicos e substâncias químicas. Como forma de confrontar as “falsas garantias” apresentadas pelos defensores do controle químico, propõe-se a exposição das “amargas

verdades”. Para a população “decidir se deseja continuar no caminho atual, [...] só poderá fazê-lo quando estiver em plena posse dos fatos”, desse modo a “educação da população a respeito da natureza dos produtos químicos vendidos no mercado é, infelizmente, necessária” (CARSON, 2010, p. 28, 161).

5.1.3 Hipóteses auxiliares e transferência progressiva de problemas no PPC Ecológico

Seguindo as heurísticas positivas e afirmando o núcleo duro, há as hipóteses auxiliares do PPC Ecológico, que em conjunto constituem o cinturão protetor do programa de pesquisa. Na busca de atribuir consistência ao seu núcleo duro, Carson (2010) expõe centralmente o problema da *poluição do meio ambiente total da humanidade* como hipótese auxiliar do PPC Ecológico, articulado com extenso conjunto de outras hipóteses auxiliares, em sua maioria corroboradas empiricamente. As hipóteses auxiliares foram organizadas em quatro blocos de hipóteses: i) poluição do meio ambiente total da humanidade (Quadro 3); ii) causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos; iii) crítica à segurança dos agrotóxicos (Quadro 4); e iv) controle ecológico de espécies indesejadas (Quadro 5).

O núcleo duro da ecologia humana do PPC Ecológico, que compreende o ataque do ser humano contra a natureza na era industrial, com a transformação do ambiente global e criação de novas substâncias tóxicas de forma inédita na história da Terra, é considerado condição inicial para a hipótese auxiliar da “poluição do meio ambiente total da humanidade” (CARSON, 2010, p. 47). Tal hipótese consiste na teoria de que:

Pela primeira vez na história do mundo, agora *todo ser humano está sujeito ao contato com substâncias químicas perigosas, desde o instante em que é concebido até sua morte.* [...] os pesticidas sintéticos foram tão amplamente distribuídos por todo o mundo animado e inanimado que *se encontram praticamente em todos os lugares* (CARSON, 2010, p. 29, grifo nosso).

Nessa hipótese auxiliar, os “novos problemas de saúde ambiental são múltiplos: criados pela radiação em todas as suas formas, nascidos da criação interminável de produtos químicos, dos quais os pesticidas são uma parte” (CARSON, 2010, p. 162). Tal afirmação permite identificar qual lugar os agrotóxicos têm no PPC Ecológico. No caso, trata-se de mais um componente, entre diversos poluentes de origem industrial, que estão difundindo-se amplamente pelo planeta. Nesse

sentido, para o PPC Ecológico, ações pontuais sobre os agrotóxicos (ex. proibição de uma substância, aumento nos níveis de tolerância, equipamentos de proteção individual, entre outras) não altera o quadro geral da hipótese da poluição do meio ambiente total da humanidade, por tratar-se do resultado de um processo socioambiental global que inclui todo o contexto industrial de fabricação e uso de substâncias sintéticas tóxicas.

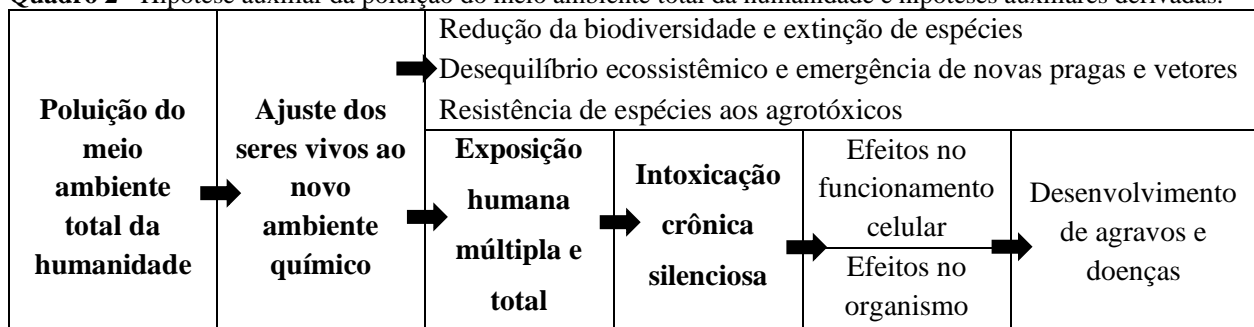
Com frequência a autora traz a contaminação ambiental, a exposição e adoecimento humano por substâncias radioativas, como parte importante dessa hipótese auxiliar, o que reforça a noção de que o PPC Ecológico não enfoca exclusivamente a poluição por agrotóxicos, mas a totalidade da poluição provocada pelas atividades humanas:

[...] A poluição que penetra em nossos cursos de água vem de muitas fontes: o lixo radiativo dos reatores, laboratórios e hospitais; os detritos de explosões nucleares; o lixo doméstico das cidades e povoados; o lixo químico das fábricas. A esses soma-se um novo tipo de detrito — os sprays químicos usados em lavouras e jardins, florestas e campos. Muitos dos agentes químicos nesse coquetel alarmante imitam e intensificam os efeitos daninhos da radiação, e entre os próprios grupos químicos há interações, transformações e somatórios de efeito sinistros e pouco compreendidos.

[...] A exposição crescente da população a radiações de várias fontes, acrescida de diversos contatos com uma legião de produtos químicos, prenuncia um grave novo problema para o mundo moderno (CARSON, 2010, p. 47, 203).

A hipótese da poluição do meio ambiente total da humanidade apresenta nove hipóteses auxiliares derivadas, sendo as seis mais importantes: i) ajuste dos seres vivos ao novo ambiente químico; ii) redução da biodiversidade e extinção de espécies; iii) desequilíbrio ecossistêmico e emergência de novas pragas e vetores; iv) resistência de espécies aos agrotóxicos; v) exposição humana múltipla e total; e vi) intoxicação crônica silenciosa (Quadro 2).

Quadro 2 - Hipótese auxiliar da poluição do meio ambiente total da humanidade e hipóteses auxiliares derivadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao considerar o processo global de poluição do meio ambiente a partir da era industrial, sobretudo por grandes quantidades de substâncias químicas que nunca existiram antes na natureza, Carson (2010) identifica a produção pelo ser humano de um novo meio ambiente terrestre quimicamente poluído, no qual todos seres vivos e ecossistemas estão vulneráveis. Os seres vivos que hoje habitam a Terra se ajustaram, ao longo de milhões de anos, às substâncias químicas naturais do planeta, porém não foram adaptados as novas substâncias químicas sintéticas:

[...] As substâncias químicas às quais se exige que a vida se ajuste [...] são as criações sintéticas da mente inventiva do ser humano, preparadas em seus laboratórios e sem equivalentes na natureza. [...] substâncias químicas às quais o corpo dos seres humanos e dos animais precisam, de algum modo, se adaptar todos os anos; substâncias químicas totalmente fora dos limites da experiência biológica. [...] Ajustar-se a essas substâncias químicas é algo que demandaria um tempo medido na escala da natureza; demandaria não apenas os anos da vida de uma pessoa, mas a vida de gerações. E, mesmo que isso fosse, por algum milagre, possível, seria inútil, pois novas substâncias químicas saem de nossos laboratórios em uma corrente incessante (CARSON, 2010, p. 23).

A hipótese auxiliar do *ajuste dos seres vivos ao novo ambiente químico*, engloba, portanto, essa compreensão dos efeitos ecológicos e biológicos decorrentes da intensa poluição química de substâncias que “não são parte da experiência biológica” dos seres vivos, incluindo os seres humanos. Dessa hipótese, derivam-se quatro hipóteses: redução da biodiversidade e extinção de espécies; desequilíbrio ecossistêmico e emergência de novas pragas e vetores; resistência de espécies aos agrotóxicos; e exposição humana múltipla e total.

A hipótese auxiliar da *redução da biodiversidade e extinção de espécies* é resultado do conjunto de impactos que as substâncias químicas sintéticas têm provocado na fauna e na flora terrestre e aquática. Entre os processos apontados por Carson (2010) estão: a poluição da água, afetando ecossistemas aquáticos continentais e oceânicos; a poluição do solo; a alteração da vegetação natural e paisagem pelo desmatamento com agrotóxicos; e o impacto sobre a fauna terrestre.

Na hipótese auxiliar do *desequilíbrio ecossistêmico e emergência de novas pragas e vetores*, parte-se do conceito de equilíbrio da natureza, tratado no núcleo duro da ecologia, e articula-se a hipótese auxiliar superior do ajuste dos seres vivos ao novo ambiente químico. Dentro da teoria de equilíbrio da natureza está o conceito de “resistência ambiental”, que consiste em processos naturais de controle populacional de espécies em ecossistêmicas equilibrados, por meio de mecanismos como competição por recursos, predação e parasitismo. O uso maciço de

agrotóxicos em plantações ou em campanhas de saúde pública, para o controle de insetos atinge não apenas o inseto-alvo – a praga ou vetor da doença –, mas toda a biota, em especial insetos e artrópodes não alvos. Ao reduzir a população de espécies não alvos, a resistência ambiental é fragilizada, ou seja, os inimigos naturais de espécies são reduzidos, permitindo a emergência de novas espécies como pragas na agricultura e como vetores de doenças humanas (CARSON, 2010, p. 208–213).

A *resistência de espécies aos agrotóxicos* consiste na hipótese auxiliar baseada no mecanismo evolutivo de seleção natural de sobrevivência do mais adaptado. Este processo tem ocorrido de forma induzida pelo ser humano, por meio da utilização dos agrotóxicos em larga escala. Como descrito no núcleo duro da evolução, a utilização sistêmica de um agrotóxico aniquila grupos genéticos de espécies não adaptados ao agrotóxico, porém, devido à variabilidade genética das pragas, tem ocorrido a presença de grupos genéticos adaptados, que vêm sobrevivendo as pulverizações. O crescente uso dos agrotóxicos marca o início da “Era da Resistência” (CARSON, 2010, p. 223). Nesse sentido,

[...] conclui-se que a pulverização intensiva com agentes químicos poderosos simplesmente piora o problema que deveria resolver. Após algumas gerações, em vez de uma população mista de insetos fortes e fracos, resulta uma população que consiste inteiramente em linhagens resistentes e ‘duronas’ (CARSON, 2010, p. 230).

Unindo a hipótese auxiliar do desequilíbrio ecossistêmico e emergência de novas pragas e vetores com a hipótese da resistência de espécies aos agrotóxicos, Carson (2010, p. 213) apresenta a seguinte *predição de fato novo*: “Com a passagem do tempo, podemos esperar surtos cada vez mais graves de insetos, tanto de insetos transmissores de doenças quanto de espécies destruidoras de plantações, em uma proporção muito além de tudo o que já vimos”.

Na hipótese auxiliar da *exposição humana múltipla e total* por agrotóxicos, Carson (2010) explora diferentes rotas de exposição pelas quais os agrotóxicos chegam ao corpo humano, intoxicando-o. Entre elas, destacam-se a exposição e intoxicação ambiental, domiciliar, alimentar e ocupacional. Quanto à exposição ambiental, a autora destaca algumas formas como ela ocorre, utilizando exemplos concretos: contato com as nuvens de pulverização; ingestão ou contato com águas contaminadas – por resíduos de pulverização ou resíduos de poluições de fábricas de agrotóxicos; e embalagens de agrotóxicos (CARSON, 2010, p. 39, 50–51, 130).

Em relação à exposição domiciliar, são relatados exemplos como: desinsetização de residência; crianças brincando com equipamento de pulverização; pastilhas ou aerossóis em móveis e eletrodomésticos; loções, cremes e sprays em roupas ou na pele; e aparelhos eletrônicos vaporizadores de inseticidas (CARSON, 2010, p. 39, 153–154, 194–195). A exposição alimentar é ressaltada nos seguintes casos: presença de resíduos em verduras e frutos do mar; resíduos utilizados nas lavouras que permanecem nos alimentos; e alimentos armazenados ou transportados junto com agrotóxicos (CARSON, 2010, p. 42, 135, 156, 158);

A forma de exposição e intoxicação por agrotóxicos de maior recorrência em Carson (2010), foi a exposição ocupacional. Foram citados 16 casos, que retratam exposições e intoxicação de trabalhadores(as): em indústrias elétricas; na agricultura (aplicadores de agrotóxicos; colhedores de pomar pulverizados; no manuseio de sementes tratadas com agrotóxicos; e em estufa de plantas); em campanhas contra a malária empreendidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS); na indústrias de agrotóxicos; no transporte de tanques de agrotóxicos; no manuseio de roupas e equipamentos contaminados; no ambulatório médico ao atender pacientes contaminados; e cientistas que estudam agrotóxicos (CARSON, 2010, p. 37–38, 41, 44, 46, 170–171).

Constata-se, portanto, que para o PPC Ecológico, no que se refere à hipótese auxiliar da exposição múltipla e total, os(as) trabalhadores(as) envolvidos nos diversos usos dos agrotóxicos são o principal grupo populacional atingido e em maior severidade.

A hipótese auxiliar da exposição múltipla e total é reflexo de todas essas exposições e intoxicações por agrotóxicos elencadas. Fica nítido o caráter múltiplo das origens e formas de exposição e intoxicação humana aos agrotóxicos, e o conjunto acumulativo desse processo forma a exposição humana total por essas substâncias (CARSON, 2010, p. 159, 202).

Em decorrência dessa exposição múltipla e total, Carson (2010) apresenta a hipótese auxiliar da *intoxicação crônica silenciosa*. Para a autora, mais preocupante do que as intoxicações agudas por agrotóxicos, são “as exposições reduzidas, repetidas constantemente ao longo dos anos” que constituem “o tipo mais perigoso de contato”, pois essas “exposições recorrentes, não importa quão leve seja, contribui para a acumulação progressiva de produtos químicos em nosso corpo e, assim, para o envenenamento cumulativo” (CARSON, 2010, p. 152, 207).

A absorção pelo corpo de pequenas quantidades de substâncias químicas e radioativas que “contaminam invisivelmente o nosso mundo” geram “efeitos retardados”, levando ao lento desenvolvimento de doenças malignas, que, em geral, não exibem sintomas clínicos durante “as

numerosas exposições em menor escala às quais estamos sujeitos dia após dia, ano após ano” (CARSON, 2010, p. 152, 163, 193).

Para sustentar essa hipótese auxiliar, Carson (2010) dedica inteiramente os capítulos 12 “O preço humano”, 13 “Por uma janela estreita” e 14 “Um em cada quatro” para expor diversos efeitos da exposição por agrotóxico a longo prazo no funcionamento celular (alteração na oxidação celular e na estrutura cromossômica) e no organismo humano (transformação e interação entre substâncias tóxicas, acúmulo no tecido adiposo, efeito neurotóxico, no fígado, na reprodução e no desenvolvimento embrionário). Estas alterações biológicas provocadas pelos agrotóxicos são consideradas condição inicial para o desenvolvimento de agravos e doenças, entre elas destacam-se a malformação congênita, insuficiência renal, doenças neurológicas, alergias e cânceres – leucemia, linfoma e câncer infanto-juvenil.

Em resumo, em se tratando da hipótese auxiliar da poluição do meio ambiente total da humanidade, tal processo, além de provocar desequilíbrios ecossistêmicos e ameaça de extinção de espécies, é produtora de novos problemas em saúde ambiental, pois cria um novo cenário epidemiológico, com doenças relacionadas à exposição a essas novas substâncias: “doenças malignas atribuíveis à era da indústria” (CARSON, 2010, p. 188).

Nesses mesmos três capítulos (12, 13 e 14), Carson (2010) apresenta uma discussão de grande importância, que destacamos primeiro como heurística positiva e agora como hipótese auxiliar: a *causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos*. Essa hipótese auxiliar articula a hipótese da intoxicação crônica silenciosa com os efeitos sobre o organismo e o desenvolvimento de doenças. Como apontado na heurística positiva, devido à complexidade dos processos biológicos, Carson (2010, p. 164) não considera que a relação de causalidade entre produtos químicos e doenças seja simples e facilmente demonstrada. Desse modo, para reconstruir a relação de causalidade, avalia a necessidade de ampla e paciente pesquisa, em campos distintos e interpretando fatos aparentemente separados ou não relacionados.

A hipótese auxiliar da causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos é composta por três principais elementos: i) efeitos comparáveis em células, tecidos vivos e animais vertebrados, com o organismo humano; ii) características sociais, individuais e singularidade fisiológica; e iii) multicausalidade de doenças crônicas. Como ponto de partida, Carson (2010) acredita que os efeitos dos agrotóxicos em células apresentam-se como relevante indicador para recompor a relação de causalidade, pois

[...] apenas observando algumas das menores unidades da vida, a célula e seus cromossomos, podemos encontrar aquela visão mais ampla necessária para penetrar tais mistérios. Aqui, nesse microcosmo, precisamos procurar por aqueles fatores que desviam, de alguma forma, os mecanismos maravilhosamente funcionais da célula de seus padrões normais (CARSON, 2010, p. 197).

O efeito comparável nas células pode ser elevado a comparação do efeito em animais, sobretudo em vertebrados. Como exemplo, Carson (2010, p. 177-178) articula estudos em laboratório que observaram ovos de sapos, os quais não se desenvolvem devido à diminuição ou interrupção da oxidação celular e da produção de energia (adenosina trifosfato – ATP), com estudos sobre o DDT que demonstram que esse inseticida produz a interrupção na produção de energia das células. Em seguida apresenta diversos estudos em aves selvagens e de granjas que identificaram o acúmulo de DDT nos ovos e a diminuição do desenvolvimento do embrião, da eclosão dos ovos e redução da população da espécie (ex. pintarroxos e faisões). Feito isto, considera que

“Não há motivo para supor que esses eventos desastrosos se limitem às aves. O ATP é a moeda universal da energia, e os ciclos metabólicos que o produzem giram com a mesma finalidade em aves e bactérias, em seres humanos e ratos. O fato de o inseticida se acumular nas células germinativas de quaisquer espécies deveria, portanto, nos inquietar, sugerindo *efeitos comparáveis* nos seres humanos (CARSON, 2010, p. 178, grifo nosso).

A dificuldade em estabelecer uma relação de causa e efeito encontra-se também na multiplicidade de formas sob as quais o ser humano é exposto aos agrotóxicos – descritos na hipótese da exposição humana múltipla e total – associado as diversas características grupais ou individuais, como o sexo, a idade, a atividade de trabalho, se realiza atividade física etc., e até as singularidades fisiológicas (ex. presença de alergias específicas). Diferente de um laboratório, onde os animais vivem em ambientes controlados, os seres humanos apresentam infinitudes de características individuais e coletivas que interferem em sua saúde. Os agrotóxicos atuam em conjunto com os outros processos deletérios à saúde, por vezes fragilizando o organismo, agravando determinada doença ou mesmo produzindo determinado quadro clínico. Nesse sentido, ao ser identificado efeitos negativos de agrotóxicos em células, tecidos vivos e animais vertebrados, Carson (2010) aponta para o bom senso, como no caso do efeito hepatotóxico dos hidrocarbonetos:

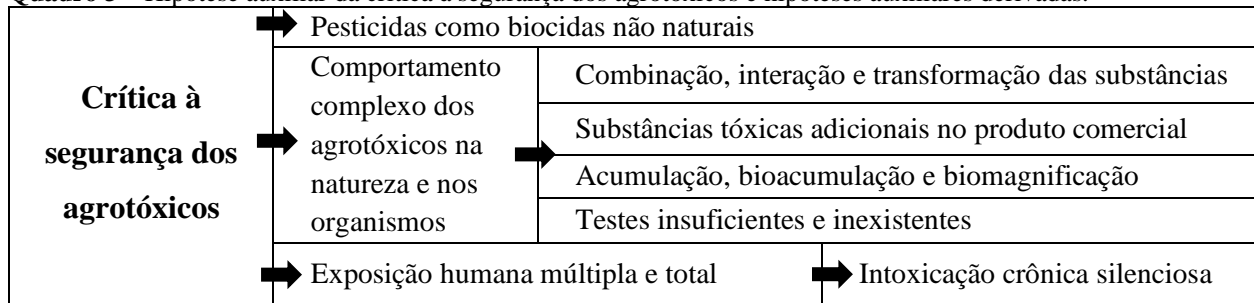
[...] o simples bom senso sugere que uma relação entre um número de casos de doenças do fígado em ascensão abrupta e a disseminação de venenos para o fígado no meio ambiente não é coincidência. Quer os hidrocarbonetos clorados sejam a principal causa, quer não, não parece nada sensato, sob as circunstâncias, expormo-nos a venenos que

apresentam comprovada capacidade de danificar o fígado e, assim, provavelmente torná-lo menos resistente às doenças (CARSON, 2010, p. 166).

Dito isso, considera-se que a lista de agrotóxicos proibidos aumentaria significativamente, “se incluirmos aqueles cuja ação sobre os tecidos vivos ou as células possa ser considerada uma *causa indireta* de doenças malignas” (CARSON, 2010, p. 190).

Todo o conjunto de hipóteses auxiliares apresentados até agora constituem fundamentos para a hipótese auxiliar da *crítica à segurança dos agrotóxicos* (Quadro 3). Essa é outra hipótese de grande relevância no PPC Ecológico, abordado do começo ao fim do livro. Para a construção dessa hipótese a autora considerou, além das hipóteses já mencionadas, os seguintes argumentos: pesticidas como biocidas não naturais; e comportamento complexo dos agrotóxicos na natureza e nos organismos.

Quadro 3 – Hipótese auxiliar da crítica à segurança dos agrotóxicos e hipóteses auxiliares derivadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para Carson (2010, p. 159), não há sentido em se falar de “segurança” de qualquer quantidade específica de resíduo de agrotóxico.

Essa crítica parte do questionamento da teoria de que existe níveis seguros de agrotóxicos. O nível seguro, ou nível de tolerância, é uma hipótese auxiliar nascida na área da toxicologia, que consiste na quantidade limite que determinada substância pode apresentar em determinados sistemas (água, solo, alimentos, organismo, etc.) sem produzir danos à saúde humana e ambiental. Estes valores são estipulados com base em estudos com animais em laboratório, onde se verifica a quantidade da substância necessária para começar a produzir distúrbios fisiológicos nos animais analisados. Esse valor é dividido por 100, e então é definido o nível seguro da substância. Essa hipótese afirma que devido à quantidade definida como limite de tolerância do agrotóxico ser apenas 1% da quantidade necessária para causar danos (visto em laboratório), a exposição

ambiental e humana ao agrotóxico, dentro desse limite, é seguro e não apresentará prejuízos à saúde humana e ao ambiente (PASTERNAK, 2019).

Na construção da crítica à segurança dos agrotóxicos, Carson (2010, p. 24) define os agrotóxicos como substâncias “biocidas”, ou seja, têm por princípio aniquilar a vida. A autora parte da hipótese auxiliar do ajuste dos seres vivos ao novo ambiente químico, de modo que considera os agrotóxicos sintéticos como substâncias químicas novas e perigosas ao ambiente, já que não fazem parte da experiência biológica dos seres vivos. Além disso, considera que o agrotóxico é uma substância biocida que não atinge apenas a espécie-alvo, mas todo o ecossistema no qual ele é aplicado.

Dessa forma, observa-se que os agrotóxicos se comportam no ambiente e nos organismos de forma complexa, diferente do ambiente controlado e artificial do laboratório. Diversos efeitos negativos dos agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana são verificados mesmo quando estão dentro dos limites de segurança, pois eles “podem ter sido testados previamente contra algumas poucas espécies individuais, mas não contra comunidades vivas” (CARSON, 2010, p. 209).

O “coquetel alarmante” de substâncias químicas, produto da combinação, interação e transformação do conjunto das substâncias presentes no ambiente, incluindo os agrotóxicos, é um processo que Carson (2010, p. 47) destaca como problemático para se pensar em níveis de segurança dos agrotóxicos. Ao tratar da poluição da água, pondera que

Sem dúvida, um dos aspectos mais alarmantes da poluição química da água é o fato de — em rios, lagos ou reservatórios, ou até mesmo nos copos de água servidos à sua mesa de jantar — estarem misturadas substâncias químicas que nenhum químico responsável pensaria em combinar em seu laboratório. As interações possíveis entre esses produtos misturados livremente são demasiado perturbadoras [...]. As reações podem ser entre dois ou mais agentes químicos, ou entre agentes químicos e os resíduos radiativos que estão sendo despejados em nossos rios em volume cada vez maior. Sob o impacto da radiação ionizante, alguns rearranjos de átomos podem acontecer facilmente, alterando a natureza dos agentes de forma não apenas imprevisível, como incontrolável (CARSON, 2010, p. 51).

Não só no ambiente, mas também dentro dos organismos vivos esse processo se revela “potencialmente grave. Quer sejam introduzidos no solo, quer na água, quer no sangue de um ser humano, esses produtos químicos distintos não permanecem segregados: ocorrem modificações misteriosas e invisíveis por meio das quais um altera o potencial de dano do outro” (CARSON, 2010, p. 168). A autora relata alguns exemplos de como esses ocorrem: a) transformação em

substância mais tóxicas – aldrina em dieldrina; heptacloro em epóxido de heptacloro; b) combinação de agrotóxicos com outras substâncias ou agentes físicos – fosfatos orgânicos combinados com outras substâncias hepatotóxicas; DDT combinado com outros hidrocarbonetos; carbamato combinado com detergentes comuns ou com exposição ao raio X; c) combinação do agrotóxico com outras substâncias tóxicas no produto comercial (ex. adjuvantes e solventes) (p. 195) (CARSON, 2010, p. 38, 42, 150, 195, 203).

Os níveis de segurança são estabelecidos de forma individual para cada substância química, entretanto, o que se verifica na prática é que “a pura exposição a um único produto químico é a exceção, e não a regra” (CARSON, 2010, p. 195). A regra é a existência de combinações, interações e transformações entre as substâncias. Além disso, na natureza essas substâncias passam por processos de acumulação no ambiente, bioacumulação nos organismos vivos e biomagnificação¹⁸ nas cadeias alimentares (CARSON, 2010, p. 37, 61). O que agrava ainda mais essa situação, é o fato de não haver estudos ambientais e testes de laboratório capazes e suficientes para identificar todo o resultado desses processos na natureza e no ser humano (CARSON, 2010, p. 136, 160, 186).

Desse modo, ao considerar que as possibilidades de resultado dos processos de poluição por agrotóxicos na natureza são amplamente numerosas, complexas, imprevisíveis e perigosas, conclui-se como impraticável a definição de um possível nível de segurança para essas substâncias. O PPC Ecológico, portanto, *refuta a hipótese auxiliar do nível de segurança do agrotóxico, transformando-a em uma anomalia e uma heurística negativa* em seu PPC.

Nessa hipótese da crítica à segurança dos agrotóxicos, Carson (2010, p. 192) ainda apresenta uma *predição de fato novo*: “aquilo que se pede à população que aceite como ‘seguro’ hoje pode se revelar extremamente perigoso amanhã”. Essa predição continua atual e vem sendo corroborada constantemente. A cada ano, agrotóxicos inicialmente considerados por pesquisas toxicológicas como seguros, estão sendo reavaliados e banidos. Por exemplo, dos 530 princípios

¹⁸A biomagnificação é o aumento na concentração de um contaminante a cada nível da cadeia alimentar. Exemplo: um animal herbívoro (consumidor primário) irá ingerir apenas as concentrações de agrotóxicos presente na planta, porém irá acumular nos tecidos de seu organismo uma concentração de agrotóxico maior do que a presente nos vegetais que ele ingeriu (bioacumulação). O animal carnívoro (consumidor secundário) que durante a sua vida se alimenta de vários desses animais herbívoros irá ingerir concentrações maiores de resíduos do agrotóxico, em relação à quantidade presente na planta contaminada, e também bioacumulará maior concentração de agrotóxico em seu organismo do que o animal herbívoro. O animal consumidor terciário, portanto, ao se alimentar do consumidor secundário, estará ingerindo concentrações exponencialmente maiores do que os resíduos presentes nos vegetais. A cada nível trófico a concentração de substâncias químicas persistentes se multiplica, com maior risco para os animais topo de cadeia.

ativos de agrotóxicos mais utilizados no mundo, 133 estão banidos no Brasil, entretanto na União Europeia são 195 agrotóxicos banidos (PAN, 2022).

Reforçando a hipótese dos níveis de tolerância como heurística negativa do PPC Ecológico, avalia-se que “fixar tolerâncias é autorizar a contaminação dos alimentos consumidos pela população [...] e punir o consumidor exigindo que ele mantenha uma atitude de vigilância para garantir que não vá receber uma dose letal” (CARSON, 2010, p. 160).

Além de legalizar a poluição e impor na população a exposição aos agrotóxicos, os níveis de tolerância criam um sistema insustentável de primeiro “envenenar deliberadamente nossos alimentos, depois policiar os resultados”. Como alternativa, propõe-se que a única dose segura para substâncias de tamanho potencial de transformação biológica, com os agrotóxicos sintéticos, é a “dose zero”, e como forma de agir sobre essas substâncias aponta-se para a heurística da vigilância dos produtos químicos e do controle ecológico de espécies indesejadas (CARSON, 2010, p. 160–161, 204).

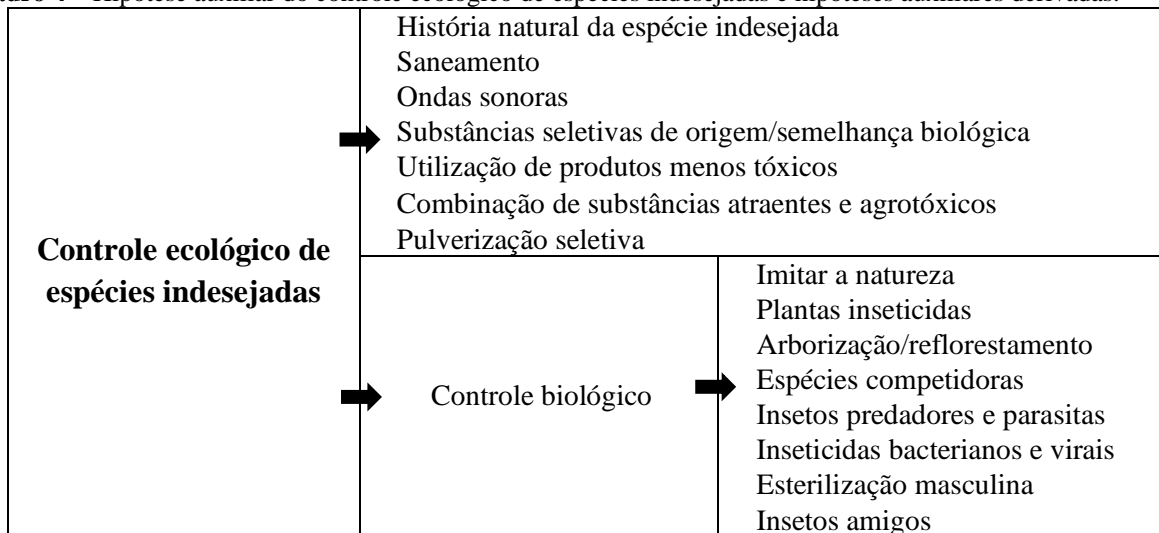
Seguindo a heurística positiva do controle ecológico de espécies indesejadas, observa-se em Carson (2010) a construção da hipótese auxiliar de mesmo nome, composta pelos elementos descritos no Quadro 4. Como mencionado na heurística positiva, o PPC Ecológico não desconsidera a importância do controle das espécies indesejadas que provocam prejuízos na agricultura, comércio e indústria ou que transmitam doenças em humanos, porém propõe que o controle dessas espécies deve ser feito compreendendo e respeitando a biologia e a ecologia das espécies alvo de controle, de modo a ser eficaz na redução a longo prazo da população da espécie-alvo e não causar prejuízos ao meio ambiente e a saúde humana.

A heurística positiva e hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas foi construída em oposição ao controle químico, que se constitui como heurística negativa do PPC Ecológico. Carson (2010) dedica parte de seu livro para refutar o controle químico e apresentar um conjunto de conhecimentos e técnicas de controle de espécies indesejadas adequadas ao PPC Ecológico (Quadro 4). Cabe ressaltar, que no PPC Ecológico, o modelo de agricultura moderna assentada na monocultura é uma heurística negativa, por justamente apresentar, entre outros elementos, a tendência em facilitar a emergência e propagação de espécies indesejadas (CARSON, 2010, p. 26). Desse modo, uma forma essencial de reduzir o problema das espécies indesejadas é alterar o modelo agrícola moderno, para uma agricultura que incorpore as contribuições do PPC

Ecológico. A hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas está articulada, portanto, com a proposição do PPC Ecológico de transformar também o modelo agrícola.

Como ponto de partida da hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas, a autora se preocupa em compreender a *história natural da espécie indesejada*, buscando estudar o comportamento ecológico da espécie em seu local de origem, assim como sua biologia interna, de modo a encontrar os indícios de controles naturais em seu habitat natural. Com base nesse conhecimento, destaca-se as propostas do *controle biológico*, baseado no princípio do uso de recursos biológicos naturais, procurando “observar e imitar a natureza”, para realizar o controle da espécie indesejada (CARSON, 2010, p. 80).

Quadro 4 – Hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas e hipóteses auxiliares derivadas.



Fonte: elaborado pelo autor

O livro é abundante em exemplos práticos e exitosos de controle biológico, entre eles encontram-se o uso de plantas inseticidas, arborização, introdução de espécies competidoras, insetos predadores e parasitas, inseticidas bacterianos, substâncias atraentes de origem ou semelhantes ao natural, esterilização masculina de insetos e reflorestamento (CARSON, 2010, p. 78–79, 81, 240–241, 243–245, 287). Além do controle biológico há outras medidas não químicas sugeridas como o saneamento e ondas sonoras (CARSON, 2010, p. 108, 241–242).

Carson (2010, p. 161) não descarta a possibilidade do uso de substâncias químicas no controle de espécies. A autora propõe que o uso dessas substâncias pode ocorrer apenas em último caso, quando todas as alternativas de controle não químico forem esgotadas, e preferencialmente

com substâncias menos tóxicas. Como proposta de uso de substâncias químicas no controle de espécies estão: i) a combinação de substâncias atraentes e agrotóxicos, que consiste montar iscas contendo substâncias específicas com potencial de atrair a espécie-alvo, em conjunto com pequenas doses do agrotóxico; e ii) a pulverização seletiva, que é a utilização de agrotóxicos de forma pontual, com equipamentos menores, como os costais (ao invés de grandes maquinários e aviões), apenas nas plantas infectadas ou infestadas pela espécie indesejada (CARSON, 2010, p. 74–75, 241).

Para essas propostas, Carson (2010) também ressalta a importância de estudos que verifiquem a viabilidade, a eficácia e os potenciais riscos sanitários e ambientais envolvidos. Em relação a uma técnica de esterilização masculina de insetos (químioesterilização), a autora destaca que

A aplicação de um procedimento desse tipo sem exaustivas pesquisas prévias sobre os riscos envolvidos seria o cúmulo da irresponsabilidade. Se os riscos potenciais dos químioesterilizantes não forem lembrados constantemente, poderemos facilmente nos ver em apuros ainda maiores do que os que foram criados pelos inseticidas (CARSON, 2010, p. 239).

Na hipótese auxiliar do controle ecológico de espécies indesejadas, Carson (2010), ao utilizar exemplos exitosos de controle biológico, de outros controles não químicos e até mesmo do uso reduzido de agrotóxicos menos tóxicos, avalia que é possível alcançar o controle a longo prazo da espécie-alvo, pois reduz o uso de toneladas de agrotóxicos todos os anos, e dessa forma diminui o impacto ambiental e na saúde humana por esses químicos, e inclusive reduz os custos econômicos. Nas palavras da autora: “As vantagens desse tipo de controle sobre os produtos químicos são óbvias: é relativamente barato, permanente e não deixa resíduos venenosos” (CARSON, 2010, p. 245).

Esse conjunto de hipóteses auxiliares apresentados formam o cinturão protetor do PPC Ecológico, na obra “Primavera Silenciosa”. É perceptível como as hipóteses auxiliares reforçam de forma teórica e empírica o núcleo duro e as heurísticas do PCC. Acredita-se que houve *transferência progressiva de problemas* na incorporação do problema dos agrotóxicos pelo PPC Ecológico, pois observou-se a predição de fatos novos em relação aos agrotóxicos e sua interferência na saúde e no meio ambiente, e identificou-se a corroboração empírica desses fatos, demonstrando que o PPC Ecológico é *progressivo*.

5.2 GUERRA QUÍMICA CONTRA A NATUREZA: UMA HIPÓTESE REGRESSIVA NA AGRICULTURA E NA SAÚDE PÚBLICA

A partir da análise do livro “Primavera Silenciosa” foi possível também, além de caracterizar o PPC Ecológico, identificar trechos que denotam a concorrência com programas de pesquisa rivais. As heurísticas negativas do PPC Ecológico (Figura 4) já indicam elementos que permitem iniciar a caracterização dos possíveis PPCs concorrentes. Neste tópico, analisa-se introdutoriamente os PPCs concorrentes ao PPC Ecológico, presentes no contexto da obra “Primavera Silenciosa”, e aponta-se para caminhos de continuidade da investigação desses PPCs.

Ao tratar sobre o impacto negativo na biodiversidade do uso massivo de agrotóxicos, Carson (2010, p. 83-84) ressalta a existência de visões divergentes sobre o caso:

[...] De um lado, os conservacionistas e muitos biólogos da fauna selvagem afirmam que as perdas têm sido graves e, em alguns casos, catastróficas. [...] O biólogo profissional que se dedica ao estudo da fauna selvagem do local é, com certeza, mais bem qualificado para identificar e interpretar as perdas verificadas na vida selvagem. [...]

[...] De outro, os órgãos de controle tendem a negar terminante e categoricamente que tais perdas tenham ocorrido, ou que tenham alguma importância, se chegaram a ocorrer. [...] O entomologista, que é especialista em insetos, não é tão qualificado pelo seu treinamento e não se encontra psicologicamente disposto a procurar por efeitos colaterais indesejáveis em seu programa de controle. Ainda assim, são os entomologistas os encarregados do controle nos governos estaduais e federal — junto, é claro, com os fabricantes de produtos químicos — e que negam peremptoriamente os fatos relatados pelos biólogos e declaram que há poucos indícios de danos à vida selvagem. [...]

Percebe-se que a descrição do primeiro “lado”, trata-se do PPC Ecológico, que tratamos no tópico anterior. Já o segundo “lado”, refere-se a um programa de pesquisa desenvolvida pela entomologia associada à indústria de agrotóxicos, presente nos órgãos de controle governamentais dos EUA, que proíbem, ou tem como heurística negativa, a percepção dos impactos gerais na fauna silvestre pelos agrotóxicos.

Em outro trecho a autora aprofunda-se sobre a “dissidência” entre “entomologistas econômicos”: que “agem sob a crença de que a salvação está no bocal de um pulverizador” e reduzem seu trabalho em “testar inseticidas ou criar produtos químicos altamente destrutivos”; e os entomologistas ecológicos: que “não perderam de vista o fato de que eles não são nem químicos, nem engenheiros, mas biólogos”, que compreendem que estão lidando com seres vivos, reconhecem na natureza uma forte aliada e desenvolvem pesquisas de “métodos saudáveis de

controle de insetos que se aproveitam ao máximo das espécies predadoras e parasitas” (JACOB; PICKETT *apud* CARSON, 2010, p. 219–220)

Visualiza-se, nesse caso, na área da entomologia, a expressão da concorrência entre o PPC Ecológico e um PPC rival, este último ligado a proposta de controle químico de espécies indesejadas. No capítulo 17 “A outra estrada”, a autora faz analogia da ciência como o curso de um rio e expõe como ela visualiza a competição entre a pesquisa científica voltada para o controle biológico *versus* o controle químico nos EUA:

[...] a ciência do controle biológico em seu sentido moderno [...] teve um início obscuro um século atrás, com a primeira tentativa de introduzir inimigos naturais dos insetos que estavam criando problemas para os agricultores, um esforço que às vezes avançou lentamente, outras vezes estancou, mas que, aqui e ali, ganhou velocidade e impulso sob o ímpeto de algum sucesso extraordinário. Teve seu período de seca quando os especialistas em entomologia aplicada, ofuscados pelos novos e espetaculares inseticidas da década de 1940, deram as costas a todos os métodos biológicos e levaram água para o “moinho do controle químico”. Mas o alvo, que era um mundo livre de insetos, continuou a recuar. Agora, enfim, quando se tornou evidente que o uso descuidado e irrestrito de produtos químicos é uma ameaça maior para nós mesmos do que os alvos, o rio da ciência do controle biótico está correndo de novo, alimentado por novas correntes de pensamento. (CARSON, 2010, p. 234)

Nessa analogia é possível identificar que, na visão da autora, ao definir que a ciência do controle químico não atingiu seu objetivo de “um mundo livre de insetos” e demonstrou-se “uma ameaça maior para nós mesmos do que os alvos”, em termos lakatosianos, trata-se da caracterização de um PPC regressivo e pseudocientífico. Em contrapartida, ao citar que a ciência do controle biológico “está correndo de novo, alimentado por novas correntes de pensamento”, denota a característica progressiva de um PPC, neste caso o PPC Ecológico, sendo o controle biológico uma hipótese auxiliar progressiva (geradora de fatos novos) deste PPC.

Com vistas aos elementos citados, qual(ais) o PPC(s) que abarca(m) o controle químico como heurística positiva e hipótese auxiliar, apresentando-se como concorrente ao PPC Ecológico?

Partindo do trecho de CARSON (2010, p. 234), a ciência do controle químico ganha força quando “especialistas em entomologia aplicada” passam a utilizar os “novos e espetaculares inseticidas da década de 1940”. Desse modo, para identificar o PPC concorrente ao PPC Ecológico no caso do uso de agrotóxicos, cabe realizar a reconstrução racional do PPC que desenvolveu a entomologia aplicada ao controle de espécies indesejadas associada aos inseticidas químicos, no período citado pela autora.

A entomologia é a área das ciências biológicas que estuda os insetos. A entomologia aplicada ao controle pragas (espécies de insetos indesejadas na agricultura), também denominada entomologia agrícola ou entomologia econômica, adquire grande importância para as empresas de países imperialistas europeus a partir do século XVIII e XIX, com a expansão, em suas colônias, dos *plantations* – modelo de simplificação da agricultura em monocultura e latifúndios, com uso da força de trabalho escravo, visando a produção de mercadorias agrícolas (*commodities*) para o mercado internacional. Esse modelo de produção agrícola, como mencionado por Carson (2010), facilita a ocorrência de pragas na plantação, gerando, desde então, intensa demanda de estudos entomológicos com vistas a controlar a propagação das espécies de insetos na agricultura (SILVA, 2022). Esses estudos entomológicos aplicados na controle das populações de insetos para garantir a manutenção da lucratividade das empresas, expandiram-se também para as áreas de veterinária e saúde pública, a partir do final do século XIX (SMITH; KENNEDY, 2009).

Desse modo, podemos considerar que o *núcleo duro* do *programa de pesquisa científica da entomologia aplicada* (PPC EA), nesse período, consiste no *controle da população de insetos que ameaçam a rentabilidade e as produções comerciais* e sua *heurística positiva* é o *estudo detalhado da anatomia, fisiologia, reprodução e comportamento de insetos considerados pragas, visando salvar o mercado*. O uso de substâncias químicas para o controle de insetos em larga escala em monoculturas agrícolas, pecuária e campanhas sanitárias – o controle químico –, se constitui como *hipótese auxiliar* do PPC EA, que passou a ser empregado primeiramente com substâncias inorgânicas (ex. arsênico) e substâncias naturais (ex. rotenona e piretro).

Até a década de 1930, o PPC EA desenvolvia também a hipótese auxiliar do controle biológico, com a introdução de espécies competidoras, predadoras ou parasitas, com várias experiências exitosas alcançadas (SMITH; KENNEDY, 2009). Nesse período, dentro do PPC EA havia intensa disputa de propostas de controle de pragas, entre aquelas fundamentadas em princípios ecológicos, e aquelas voltadas para o controle químico, esta última baseava-se na noção dos insetos como inimigos dos seres humanos, sendo necessário empreender uma verdadeira guerra contra os insetos, de modo a eliminá-los enquanto empecilho econômico e sanitário aos seres humanos (DUNLAP, 2008).

A hipótese auxiliar do controle químico, fundamentada na guerra contra os insetos, recebe grande impulso com a descoberta do DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), o inseticida sintético de maior destaque nesse período, e com o reforço do programa de pesquisa científica da química

orgânica aplicada (PPC QOA). Jarman e Ballshmiter (2012) fizeram um estudo histórico, reconstruindo as raízes científicas por trás da formulação do DDT, a partir da constituição da química orgânica enquanto área do conhecimento.

De acordo com os autores, a origem da pesquisa científica que subsidiou a formulação do DDT advém das pesquisas de químicos britânicos e alemães no início do século XIX, que utilizaram o alcatrão de carvão¹⁹ como matéria prima para a criação em laboratório de substâncias sintéticas com utilidades industriais e comerciais, entre elas medicamentos sintéticos, aromas, aromatizantes, corantes fotográficos, fertilizantes artificiais, explosivos, entre outros. Destaca-se nesse período os químicos alemães Justus von Liebig (1803-1873) e August Wilhelm von Hofmann (1818-1882), que difundiram a pesquisa e o ensino de química aplicado na prática laboratorial como suporte para a indústria, em contraposição as abordagens mais teóricas que predominavam no período. Hofmann, em particular, estudando o alcatrão do carvão teve importante papel no desenvolvimento dos métodos e conceitos da química orgânica voltados para a síntese de novas substâncias, em especial para a criação de corantes na indústria têxtil, além da tentativa de sintetizar substâncias semelhantes aos naturais no uso de medicamentos (JARMAN; BALLSHMITER, 2012).

Nas décadas finais do século XIX, a pesquisa científica ligada a síntese de corantes a partir do alcatrão de carvão deu saltos importantes. Com avanços no conhecimento sobre as estruturas químicas orgânicas e a criação de novos corantes sintéticos, a indústria química alemã dominou mundialmente este mercado. A maioria das principais indústrias de tingimento alemãs haviam criado laboratórios dentro da própria empresa e tal modelo de laboratório químico associado à fábrica se difundiu pela Europa. Estes laboratórios faziam experimentos de síntese de substâncias não somente para a produção de corantes, mas também para qualquer finalidade industrial e comercial. Uma preocupação da indústria têxtil em expansão era o controle das traças – larva de mariposa que se alimenta de tecidos. Os laboratórios das fábricas passaram então a sintetizar inseticidas a partir do alcatrão de carvão. Até a década de 1930, muitas pesquisas e patentes de inseticidas para traças já haviam sido registradas (JARMAN; BALLSHMITER, 2012).

¹⁹O alcatrão de carvão é um subproduto do processo industrial de coqueificação do carvão mineral, que consiste na queima sob altas temperaturas (600 a 900°C) para decomposição química do carvão. O alcatrão do carvão é uma mistura de mais de 10.000 compostos, com complexas estruturas de hidrocarbonetos. A descoberta do alcatrão de carvão pelos químicos foi como se eles estivessem encontrando a boneca russa dos compostos, com uma investigação de um grupo de compostos levando a um novo grupo de outros compostos relacionados (JARMAN; BALLSHMITER, 2012, p. 131).

Foi no laboratório da indústria química JR Geigy AG²⁰ que o químico suíço Paul Hermann Müller identificou em 1939 as propriedades inseticidas do DDT e em 1940 a patente do produto foi registrada pela empresa, sob o nome comercial de “Gesarol”. Em meio à Segunda Guerra Mundial, a Geigy apresentou o DDT para os governos da Alemanha e EUA, e ambos passaram a importar, produzir e utilizá-lo em larga escala. Devido o DDT apresentar rápida ação a um amplo espectro de insetos, duração de longo prazo e aparente baixa toxicidade aguda em humanos, passou a ser empregado nos anos finais da Segunda Guerra Mundial para o controle do tifo²¹ e da malária²² – doenças epidêmicas transmitidas por insetos que provocaram milhões de mortes entre os soldados durante a guerra –, e seu uso difundiu-se amplamente também na agricultura industrial, armazenamento, tratamento de tecidos e em outras finalidades para controle de insetos (JARMAN; BALLSHMITER, 2012).

Os efeitos imediatos de redução significativa nas mortes de soldados por tifo e malária, e nas populações de diversos insetos considerados pragas da agricultura, fez com que o DDT fosse considerado uma substância “milagrosa”. Esse processo abriu caminho para mais pesquisas e ampliação da indústria de síntese de novas substâncias químicas, assim como consolidou no governo estadunidense o controle químico por agrotóxicos como modelo teoricamente mais eficaz de controle de espécies indesejadas na saúde pública e agricultura, a partir da noção de guerra contra os insetos e as ervas daninhas (DUNLAP, 2008; STAPLETON, 2005)

O discurso de Paul H. Müller, na sua premiação do Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1948 (MÜLLER, 1948) devido à descoberta do DDT, é exemplificador deste processo histórico. Primeiro ele credita aos pesquisadores de químicos de corantes o impulso para o desenvolvimento do campo de síntese de substâncias na química orgânica:

Graças a esses resultados, o químico de corantes hoje, após cerca de 90 anos de incansáveis estudos detalhados, está na posição afortunada de possuir certos pontos de referência que lhe permitem definir seu programa de trabalho em linhas ousadas (MÜLLER, 1948, p. 227).

²⁰Fundada pelo suíço Johann Rudolf Geigy (1733-1793) na Basileia, Suíça, em 1758. Em 1930 a JR Geigy entra também no mercado farmacêutico. Em 1970 a Geigy funde-se com outra indústria farmacêutica suíça, a Ciba. Em 1996 a partir da fusão da Ciba-Geigy e com a Sandoz Laboratories, ambas empresas suíças, foi criada a Novartis, uma das maiores empresas farmacêuticas do mundo (BRITANNICA, 2022).

²¹ Doença causada pela infecção de bactérias do gênero *Rickettsia*, transmitida pelas fezes do piolho do corpo humano (*Pediculus humanus*), ocorrendo sobretudo em regiões com precárias condições de saneamento e higiene e pessoas com imunidade baixa (BECHAH *et al.*, 2008).

²² Doença causada pela infecção do parasito protozoário do gênero *Plasmodium*, transmitida pelo mosquito *Anopheles* que leva a uma doença aguda com risco de vida e representa um agravamento de significativa importância à saúde global (BUCK; FINNIGAN, 2022).

Paul H. Müller, como um químico de corantes, relata o redirecionamento de sua pesquisa em 1935, quando “em nome da minha empresa, JR Geigy AG em Basileia, comecei a estudar o campo dos inseticidas, e em particular aqueles inseticidas importantes para a agricultura” (MÜLLER, 1948, p. 228). Para o desenvolvimento de sua pesquisa, elencou 7 propriedades que uma substância deveria ter para ser inseticida ideal para a agricultura:

1. Grande toxicidade para insetos; 2. Ação tóxica rápida; 3. Pouca ou nenhuma toxicidade para mamíferos ou plantas; 4. Nenhum efeito irritante e nenhum ou apenas um odor fraco (em qualquer caso, não desagradável); 5. Campo de ação mais amplo possível e abranger o maior número possível de Artrópodes; 6. Ação longa e persistente, ou seja, boa estabilidade química; 7. Preço baixo (= aplicação econômica) (MÜLLER, 1948, p. 228–229)

Ao descrever os procedimentos de pesquisa empregados para os testes de substâncias biocidas em insetos, o químico suíço afirma a superioridade de um pesquisador químico em relação ao biólogo nesse tipo de estudo, pois o químico “testará substâncias sintetizadas por ele mesmo com muito mais agudeza e compreensão do que um biólogo que [...] com o tempo tende a perder o interesse porque as fórmulas químicas tediosas pouco significam para ele” (MÜLLER, 1948, p. 229). Em seguida defende a separação entre a biologia e química nesse tipo de pesquisa científica:

Nossos ramos de ciências naturais são hoje especializados ao extremo. Isso é útil quando alguns pequenos detalhes devem ser examinados; na minha opinião, porém, torna-se uma desvantagem fatal quando dois ramos - no nosso caso, o químico e o biológico - se misturam (MÜLLER, 1948, p. 229–230).

No decorrer da pesquisa que levou Paul H. Müller encontrar o DDT, ele relata que acompanhava estudos que já demonstravam o efeito inseticida de substâncias organocloradas, até que identificou o composto do DDT – que havia sido criado originalmente em 1873, por um estudante austríaco, porém seu potencial inseticida não havia sido testado na época. Após fazer o teste com o DDT, apresentou qual foi o efeito no seu experimento:

Minha gaiola de moscas ficou tão tóxica após um curto período que, mesmo após uma limpeza muito completa da gaiola, moscas não tratadas, ao tocar nas paredes, caíam no chão. Eu poderia continuar meus testes somente depois de desmontar a gaiola, limpá-la completamente e depois deixá-la por cerca de um mês ao ar livre (MÜLLER, 1948, p. 231).

Müller (1948, p. 235-237) destaca como a descoberta do DDT e de outros compostos orgânicos de agrotóxicos (ex. organofosforados como o paration) representam o “limiar de um novo desenvolvimento no campo do controle de pragas”, no qual um “novo território se abriu para o químico de sintéticos, um território ainda inexplorado e difícil, mas que mantém a esperança de que, com o tempo, mais progressos sejam feitos”. Também aponta que nesse contexto “o químico de sintéticos deve criar novos tipos de substâncias, inspirados pela ação de substâncias encontradas na Natureza e guiados por seu conhecimento químico e farmacodinâmico de grupos ativos”.

Considerando o exposto, fica nítido que o programa de pesquisa científica que proporcionou novo impulso para a hipótese auxiliar do controle químico tem como elemento central em seu núcleo duro a teoria da química orgânica aplicada, por isso o denominamos como PPC QOA. A química orgânica é um ramo da área de conhecimento da química que tem como objetivo o estudo dos compostos formados pelo átomo de carbono. Esta área nasce na Europa, no século XVIII, com os primeiros estudos identificando os compostos químicos existentes nos organismos vivos, porém, é a partir do século XIX, com a profusão de estudos na área que se desenvolveu os conhecimentos e técnicas sobre átomos, moléculas e ligações químicas (FELTRE, 2004). No caso que estamos estudando, trata-se mais especificamente da área da química orgânica aplicada, uma tradição científica relacionada à produção de conhecimento voltada para a síntese de substâncias químicas orgânicas com finalidade industrial e comercial.

Nesse período do século XIX os pesquisadores da química, incluindo da química orgânica estão, em geral, associados à corrente científica e filosófica denominada fisicalismo – que defendia a inexistência de diferença entre a matéria viva e não viva, pois ambos apresentam os mesmos constituintes: átomos e moléculas –, em contraposição à corrente vitalista – que defendia a existência de uma “força vital” nos organismos vivos, que os diferenciava da matéria não viva (MAYR, 2008).

O fisicalismo tem origem no mecanicismo que nasceu na Revolução Científica do século XVII, onde os métodos científicos, que proporcionaram avanços no conhecimento astronômico e da mecânica clássica na física, tornaram-se o modelo ideal de ciência natural na Europa ocidental (MAYR, 2008). De acordo com Marcondes (2007, p. 157), Galileu disse que “A natureza é um livro escrito em linguagem geométrica; para compreendê-la é necessário apenas aprender essa linguagem”, sendo esse o ponto de partida para mecanicismo como modelo físico de universo:

O mecanicismo vê a natureza como um mecanismo, constituído de elementos que, como as engrenagens de um relógio, a fazem funcionar impulsionados por uma força externa. A função da ciência é descrever a natureza desses elementos e as leis e princípios que explicam seu funcionamento (MARCONDES, 2007, p. 157).

Para o fisicalista o objetivo da ciência é reduzir a biologia às leis da física e da química (MAYR, 2008). O pensamento justificacionista/positivista, descritos a partir de Lakatos (1979), tem no fisicalismo seus principais defensores. O fisicalismo obteve grande sucesso ao refutar parte do pensamento sobrenatural, que caracterizava os séculos anteriores, e por alcançar importantes avanços na física, química e inclusive na biologia, em campos como a fisiologia e biologia celular (MAYR, 2008).

Contudo, o fracasso dos fisicalistas em explicar os fenômenos e processos específicos dos organismos vivos, devido sua posição unilateral, reducionista e de superioridade dos métodos da ciência física e química para a explicação de todos fenômenos naturais, incentivou a reação dos vitalistas. O vitalismo foi uma corrente muito heterogênea, que se opôs ao fisicalismo, sobretudo nos séculos XVIII e XIX, porém não encontrou corroborações para suas teorias (MAYR, 2008).

Foi no início do século XX, com a consolidação da biologia como ciência, a partir da unificação dos conhecimentos fisicalistas, com a genética e a história natural, que o vitalismo perdeu força, praticamente desapareceu, e deu origem ao organicismo ou holismo, que é a base do atual pensamento ecológico e biológico, o qual defende que as características únicas dos seres vivos não se devem à sua composição, mas à sua organização. O organicismo enfatiza os sistemas ordenados altamente complexos e a natureza histórica dos programas genéticos, que evoluíram nos organismos. O organicismo não nega as contribuições dos fisicalistas – tanto que há vertentes mecanicistas dentro do organicismo –, apenas refuta seu reducionismo, pois entende que as partes não podem ser compreendidas sem a integração com o todo, porque é justamente a organização entre as partes, em diferentes níveis, no todo, estabelecidas pelas inter-relações, interações e interdependências, que caracterizam os seres vivos, os ecossistemas e a biosfera (MAYR, 2008). Mesmo o fisicalismo sendo derrotado na biologia, suas bases filosóficas, assentadas na superioridade dos métodos físicos e químicos e no reducionismo da biologia à física e química, permanecem vivos.

Visualiza-se o reducionismo e espírito de superioridade, típico do fisicalismo, em Müller (1948), ao propor que nos estudos voltados para a formulação de novos agrotóxicos, os químicos e biólogos não devem se misturar; ao não incorporar nenhuma propriedade ambiental, como critério

para a formulação de novos agrotóxicos; e ao desconsiderar os riscos ambientais e sanitários ampliados que o DDT poderia gerar. Dito isto, acredita-se que o fisicalismo faz parte do núcleo duro do PPC QOA, considerando a relevante ligação que essa corrente científica e filosófica tem com o programa de pesquisa que fundamenta o desenvolvimento de novos agrotóxicos e a aplicação do modelo de controle químico.

A partir do que foi colocado como núcleo duro do PPC QOA, observa-se que sua *heurística negativa* consiste, portanto, em proibir estudos: i) interdisciplinares ou que utilizem métodos e teorias fora do domínio da física e da química; e ii) que não sejam rentáveis economicamente para a indústria e comércio, ou que possam causar prejuízos a esses setores. A *heurística positiva* do PPC QOA é a produção de conhecimento voltado para síntese de novas substâncias com finalidade industrial e comercial.

Em síntese, o PPC QOA progrediu a partir da hipótese auxiliar da síntese de corantes têxteis utilizando o alcatrão de carvão como matéria-prima, se expandiu e incorporou como hipótese auxiliar o problema controle de espécies indesejadas, inicialmente para o controle de traças na indústria de tecidos. Este PPC, que possui seu núcleo duro, heurísticas e hipóteses auxiliares, ou seja, todo seu arcabouço de teorias e métodos formuladas no contexto laboratorial voltadas para a produção industrial, passa a incorporar na hipótese auxiliar do controle de espécies indesejadas, não somente o contexto das fábricas de tecidos, mas também a agricultura, pecuária e a saúde pública.

No período histórico após a Segunda Guerra Mundial e com a difusão do uso do DDT no mundo, grande parte das pesquisas científicas da entomologia aplicada associam-se às pesquisas agrícolas do controle de plantas indesejadas (“ervas-daninhas”), aderem a hipótese auxiliar do controle químico e passam a ser realizadas em conjunto com os laboratórios das indústrias químicas (SMITH; KENNEDY, 2009). Verifica-se, portanto, uma unificação entre o PPC EA com o PPC QOA, com a seguinte *hipótese auxiliar comum*: controle químico de pragas e ervas daninhas a partir da síntese de substâncias químicas orgânicas, para garantir rentabilidade industrial e comercial.

Nessa hipótese, está presente o núcleo duro do PPC EA da guerra contra os insetos, expandido para a guerra contra qualquer espécie indesejada em unidades produtivas. Com a unificação com o PPC QOA, as substâncias orgânicas sintéticas passam a ser as principais armas químicas a serem utilizadas nessa guerra. Trata-se justamente dessa hipótese auxiliar e de seus

fundamentos que Carson (2010, p. 249) aponta sua crítica: “Nossa preocupante tragédia é que uma ciência tão primitiva tenha-se armado com as mais modernas e terríveis armas, e que, ao voltá-las contra os insetos, tenham-nas voltado também contra a Terra”.

A hipótese auxiliar do controle químico demonstrou-se, por um período muito curto, como progressiva – apenas nos primeiros anos de aplicação durante a Segunda Guerra Mundial, pois apresentava como fato novo a teoria de síntese de substâncias orgânicas para o controle eficaz de espécies indesejadas. Porém, essa hipótese rapidamente apresentou anomalias, em parte nas questões relacionadas aos efeitos deletérios na saúde humana e no meio ambiente pelos agrotóxicos, mas também relacionado a própria ineficácia no controle de pragas e ervas-daninhas, devido às resistências de grupos genéticos, que após algumas gerações não conseguiam ser controladas pelos agrotóxicos existentes. Logo após a emergência dessas anomalias, e do fortalecimento do PPC Ecológico, considera-se que *a hipótese do controle químico se tornou regressiva*, pois os PPCs que sustentam essa hipótese auxiliar não conseguiram responder ao conjunto de anomalias que emergiram com a predição e corroboração de fatos novos, em contraposição ao PPC Ecológico que se apresentou com um cinturão protetor de hipóteses auxiliares progressivas em relação ao problema sanitário e ambiental dos agrotóxicos.

Mesmo após apresentar anomalias, refutações e regressividade, a hipótese auxiliar do controle químico continuou (e continua) em uso em programas de pesquisa científica, principalmente na área da agricultura e saúde pública. Tal fato, corrobora a teoria de Lakatos (1979), a qual afirma que na história da ciência é comum parte da comunidade de cientistas continuarem suas pesquisas em PPCs e hipóteses regressivos, por acreditarem na consistência de seu núcleo duro, e desse modo trabalham na reformulação das hipóteses auxiliares regressivas, tentando torná-las progressivas.

Para verificar com maior precisão como a hipótese auxiliar do controle químico vem se desenvolvendo e se transformando em programas de pesquisa científica na área da agricultura e saúde pública, será necessário maiores investigações. De forma preliminar, acredita-se que na área da agricultura, por exemplo, teorias como o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e o uso de novas biotecnologias, como as sementes transgênicas, que tem como princípio a manutenção do modelo de monocultura, mas mescla o uso do controle químico com outras técnicas e tecnologias de controle, constituem-se como *hipóteses ad hoc*, de *programas de pesquisa científica regressivos*. Avalia-se que essas teorias tendem a ser hipóteses auxiliares *ad hoc*, pois foram criadas após a

refutação da hipótese do controle químico pelo PPC Ecológico, e não apresentaram a predição e corroboração de fatos novos, já que continuam sendo refutadas pelos mesmos argumentos que refutaram o controle químico (ex. modelo agrícola de monocultura; emergência de novas pragas; resistência de grupos genéticos de espécies; impactos ampliados na saúde humana e no meio ambiente).

Na área da saúde pública relacionada aos agrotóxicos, as investigações lakatosianas demonstram-se importantes, sobretudo em campos do conhecimento como a toxicologia, o controle de vetores de doenças e a epidemiologia. As contribuições do PPC Ecológico em Carson (2010) para essas áreas, estão concentradas principalmente nas heurísticas positivas e hipóteses auxiliares relacionadas à ecotoxicologia, ao controle ecológico de espécies indesejadas, à causalidade de doenças relacionadas a produtos químicos e à vigilância das substâncias químicas.

Observa-se, a partir da discussão dessa tese, que programas de pesquisas científicas que incorporam em seu núcleo duro a eficácia comercial do conhecimento a ser produzido, como o PPC EA e o PPC QOA, tendem a colocar como heurística negativa aqueles conhecimentos que não contribuem para esse objetivo, de modo que ignoram os resultados de pesquisas científicas que podem prejudicar o lucro empresarial, como as questões que afetam a saúde pública e o meio ambiente. No caso da hipótese auxiliar do controle químico, compartilhada entre os PPCs EA e QOA, percebe-se que, associado a esse núcleo duro, está a característica da vinculação com a corrente científica fisicalista/mecanicista, que se expressa como reducionista e justificacionista/positivista, privilegiando teorias e métodos quantitativos e experimentais como prova da verdade científica. Essa caracterização observada, revela a tendência, portanto, que PPCs vinculados ao processo de acumulação de capital, apesar de produzirem fatos novos voltados à eficácia comercial, são *regressivos e pseudocientíficos* nos problemas complexos relacionados à saúde pública e ao meio ambiente, como o caso dos agrotóxicos, por racionalmente ignorarem (heurística negativa) conhecimentos interdisciplinares e que interferem no processo de lucro capitalista.

Em contraposição, visualizou-se no PPC Ecológico a presença de um núcleo duro que, além de conter teorias progressivas sobre a natureza e os seres vivos (evolução e ecologia), possui teorias de cunho epistêmico, ético e político (conservacionismo progressista), que apontam para a conservação da natureza, com o uso sustentável dela respeitando os processos naturais (biocentrismo); a falibilidade na ciência, necessitando a integração de diversas áreas do

conhecimento na tentativa de alcançar a compreensão dos fenômenos ambientais e sanitários; e o posicionamento crítico quanto aos processos antidemocráticos que avançam na degradação ambiental e no aumento dos riscos para a saúde humana. Esse núcleo orienta as heurísticas positivas e é reforçado pelo amplo cinturão protetor de hipóteses auxiliares progressivas, descritas no tópico anterior. A heurística negativa, no PPC Ecológico, proíbe justamente as pesquisas científicas de cunho justificacionista/positivista, reducionista, antropocêntrica e antidemocrática (Figura 4). Nesse sentido, fica nítido a diferença do alcance científico que o PPC Ecológico se propõe, em relação aos PPCs vinculados ao processo de acumulação de capital. Essa discussão corrobora a afirmação de Lakatos (1998a, p. 01), a qual considera que a “demarcação entre ciência e pseudociência não é um mero problema de filosofia de salão: é de vital relevância social e política.”

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS: ATÉ QUANDO SEREMOS OBRIGADOS A SUPORTAR?

“ENCONTRAMO--NOS, AGORA, no ponto em que duas estradas divergem. (...) A estrada pela qual estamos viajando há tempos é enganosamente fácil, uma superestrada lisa pela qual avançamos em grande velocidade, mas em cujo fim está o desastre. O outro ramo da estrada — o “menos percorrido” — oferece--nos a última, talvez a única possibilidade de alcançarmos um destino que assegure a preservação da nossa Terra.

A escolha, no fim das contas, cabe a nós. Se, depois de muito suportar, nós afirmamos, finalmente, o nosso “direito de saber”, e se, sabendo, concluímos que estamos sendo chamados a assumir riscos sem sentido e assustadores, então não devemos mais aceitar o conselho daqueles que nos dizem que devemos encher nosso mundo com substâncias químicas venenosas. Devemos olhar a nosso redor e ver que outro caminho está aberto para nós.” (CARSON, 2010, p. 233)

A abordagem da metodologia dos programas de pesquisa científica (MPPC) utilizada neste estudo permitiu uma nova aproximação epistêmica e crítica do conhecimento científico sobre agrotóxicos, a partir da obra “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson. Foi possível identificar o PPC Ecológico e seus elementos (núcleo duro, heurísticas negativas e positivas e o cinturão protetor formado pelas hipóteses auxiliares), assim como observar a predição e corroboração de fatos novos, que o define como um PPC progressivo. Nessa análise, pela MPPC, também foi discutido a presença de PPCs concorrentes ao PPC Ecológico, como o PPC da entomologia aplicada e da química orgânica aplicada, que compartilham a hipótese auxiliar do controle químico de espécies indesejadas, sendo os possíveis PPCs que subsidiam os fundamentos científicos do uso de agrotóxicos na agricultura e controle de vetores na saúde pública.

A estrutura e os conceitos da MPPC foram de grande valia para o estudo. Ressalta-se que a estrutura dos PPCs descritas na tese é um retrato a partir das bibliografias analisadas e do olhar do autor. Em última análise, os PPCs não são estruturas rígidas e totalmente delineadas, são processos dinâmicos, em constante competição e transformação ao longo da história, o que permite diferentes olhares e interpretações. Quanto mais estudos epistêmicos sobre o tema da pesquisa científica sobre os agrotóxicos, mais rico e aprofundado será nosso conhecimento e capacidade de agir nessa questão.

As contribuições do PPC Ecológico, sistematizados em Carson (2010), são pertinentes e ainda progressivos nos dias de hoje. O PPC Ecológico aponta para duas grandes questões ou heurísticas para a saúde pública, que transcendem unicamente o problema dos agrotóxicos: i) superação da relação de destruição acelerada da natureza estabelecida a partir da revolução

industrial, ou seja, da emergência do capitalismo; e ii) a defesa de um modelo de agricultura e controle de espécies indesejadas baseadas na biologia e ecologia.

Quanto ao primeiro aspecto, ressalta-se os estudos e discussões atuais em torno do tema antropoceno (DURÁN, 2010) e de alternativas ao capitalismo, como o ecossocialismo (LÖWY, 2021). Sobre o segundo aspecto, tem-se concentrado na área da agroecologia as formulações acadêmicas e políticas que propõem um modelo de produção de alimentos e de sociedade com bases ecológicas e na justiça social (ALTIERI, 2012).

Nas pesquisas sobre agrotóxicos, o PPC Ecológico busca a integração de pesquisas científicas de diversas disciplinas de modo a abarcar a compreensão dos diferentes níveis e escalas da natureza, visto como se expressa a organização dos seres vivos nos níveis interligados e interdependentes dos ecossistemas. No PPC Ecológico, sempre deve-se considerar, entre outros fatores, a hipótese da poluição e intoxicação por agrotóxico como possível causa de impactos sobre a biodiversidade e a saúde humana em regiões de grande utilização dessas substâncias.

No PPC Ecológico em Carson (2010), é possível perceber como uma anomalia, relacionada à ecologia humana, a ausência de teoria social robusta que explique o processo sócio-histórico de transformações ambientais. Isso deve servir de reflexão, para que estudos inspirados no PPC Ecológico busquem nas ciências humanas e sociais, teorias (ou hipóteses auxiliares) progressivas que consigam estar articuladas com os demais elementos do PPC e contribuam na predição e corroboração de fatos novos a respeito das questões sociais, ambientais e sanitárias relacionadas aos agrotóxicos.

Sem buscar esgotar uma lista de teorias e pesquisas científicas sobre agrotóxicos e poluentes químicos que estão no caminho indicado pelo PPC Ecológico, destaca-se os trabalhos de Thornton (2000), Peres e Moreira (2003), Breilh (2006), Rigotto (2011), Carneiro *et al.* (2015), Bombardi (2017) e Pignati *et al.* (2021).

Do ponto de vista da saúde humana e ambiental, os PPCs que utilizam a hipótese auxiliar do controle químico apresentam-se como regressivos e, portanto, pseudocientíficos, pois além de proibir em seus programas a avaliação ampliada dos impactos dos agrotóxicos nos sistemas ecológicos, incluindo o ser humano, estão focados (restringem suas heurísticas positivas) apenas em resultados que produzam retorno financeiro capitalista. Contudo, o uso político de resultados de pesquisas de PPCs regressivos, para defender a continuidade do uso de agrotóxicos, com a completa recusa em considerar os estudos de PPCs que demonstram os impactos ampliados desses

químicos, como visto pelo setor ruralista no Brasil, ultrapassa a questão entre ciência e pseudociência e tende ao negacionismo científico.

A pandemia da COVID-19 tem sido um evento exemplificador dessa forma de utilização de narrativas pretensamente científicas, que sequer chegam a ser pseudociência, pois não se trata de discursos baseados em resultados de pesquisas científicas regressivas, mas simplesmente um arranjo de enunciados, aparentemente técnicos e científicos, quase sem nenhuma fundamentação científica teórica e empírica, apenas ideológica. Essa discussão é aprofundada no ensaio presente no Apêndice: “Ciência e COVID-19: a construção de programas de pesquisa científica frente o contexto negacionista”.

No contexto socioambiental dramático vivenciado no Brasil e no mundo, não se posicionar criticamente no campo científico em contraposição às abordagens regressivas e obscurantistas que buscam se estabelecer, significa apoiar indiretamente tais concepções. A ciência vem se demonstrando uma prática intelectual humana crítica de grande potência criativa e transformadora, que pode ser muito útil em regimes democráticos, entretanto, nesta era capitalista neoliberal, o que predomina é a pesquisa científica a serviço de indivíduos e corporações privadas, sedentas de lucro e acumulação de riqueza para poucos.

É preciso defender a ciência como aliada da democracia, ambas necessitam caminhar de mãos dadas. A democracia, antes de tudo, é um regime político, e como tal só é possível ser construído por meio da luta política. Ou seja, fazer ciência de qualidade (ou construir PPCs progressivos) é muito importante, mas se não lutarmos igualmente por democracia, nossa ciência de ponta pode ficar descartada por um bom tempo. Essa é uma das lições que os tempos atuais estão nos ensinando, visto o desfinanciamento, desvalorização e descredibilização sistemático de cientistas e instituições públicas de pesquisa, pelo governo federal e de setores neofascistas e neoliberais.

É difícil prever até quando seremos obrigados a suportar esse modo de produção social predatório capitalista, associada à produção e uso de agrotóxicos, que contamina, adoce e mata diariamente. Porém, é possível afirmar, e essa tese corrobora para isso, que não há dúvidas do ponto de vista sanitário, ambiental e civilizatório, da necessidade urgente de mudança radical nas relações de poder na sociedade, de modo a garantir direitos humanos, justiça e igualdade para os povos. Assim como, podemos afirmar, que não será possível alcançar essa complexa transformação, sem

pesquisas científicas progressivas, aliadas a ação política e social, em contraposição aos poderes dominantes e opressores.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO. **Dicionário de Filosofia**. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ALMEIDA, A. V. de; FALCÃO, J. T. da R. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação**, [Bauru], v. 11, n. 1, p. 17–32, abr. 2005.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. São Paulo; Rio do Janeiro: Editora Expressão Popular; AS-PTA, 2012.

AUGUSTO, L. G.; FLORÊNCIO, L.; CARNEIRO, R. M. (Org.). **Pesquisa(ação) em saúde ambiental**: contexto – complexidade – compromisso social. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2005.

BAZERMAN, C.; SANTOS, R. Measuring Incommensurability: Are toxicology and ecotoxicology blind to what the other sees? *In*: HARRIS, R. A. (org.). **Rhetoric and incommensurability**. West Lafayette, Indiana: Palor Press, 2005. p. 424–463.

BECHAH, Y. *et al.* Epidemic typhus. **The Lancet. Infectious Diseases**, [online], v. 8, n. 7, p. 417–426, jul. 2008.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017.

BRASIL. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. 7.802, de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da União. 12 jul 1989. Seção 1:11459., 1989.

BREILH, J. **Epidemiologia crítica ciência emancipadora e interculturalidade**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2006.

BRITANNICA, T. E. of E. Ciba-Geigy AG. 20 jun. 2022. [Encyclopedia Britannica]. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Ciba-Geigy-AG>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BUCK, E.; FINNIGAN, N. A. Malaria. **StatPearls**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

CARNEIRO, F. F. *et al.* (Org.). **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro : São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio ; Expressão Popular, 2015.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/book/455749710/Primavera-silenciosa>.

CHIBENI, S. Descartes e o Realismo Científico. **REFLEXÃO**, [Campinas], v. 57, p. 35–53, 1993.

CLAEYS, G. The “Survival of the Fittest” and the Origins of Social Darwinism. **Journal of the History of Ideas**, [S. l.], v. 61, n. 2, p. 223, abr. 2000.

CONNOR, J. J. O.; ROBERTSON, E. F. Imre Lakatos. 2003. **MacTutor History of Mathematics archive**. Disponível em: <http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lakatos.html>. Acesso em: 22 fev. 2020.

DUNLAP, T. R. (Org.). **DDT, Silent spring, and the rise of environmentalism: classic texts**. Seattle: University of Washington Press, 2008(Weyerhaeuser environmental classics).

DURÁN, R. F. **El Antropoceno: la crisis ecológica se hace mundial**. La expansión del capitalismo global choca con la biosfera. Madrid: Coeditores. Virus y Libros en Acción, 2010.

FELTRE, R. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FIGUEIRA, H. Modelo heurístico - dúvidas linguísticas. 17 out. 2005. **FLiP dá a volta ao contexto**. [Dicionário e Verbetes da Língua Portuguesa]. Disponível em: <https://www.flip.pt/Duvidas-Linguisticas/Duvida-Linguistica/DID/1180>. Acesso em: 17 dez. 2021.

FRANCO NETTO, G. *et al.* Vigilância em Saúde brasileira: reflexões e contribuição ao debate da 1ª Conferência Nacional de Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, [online], v. 22, p. 3137–3148, out. 2017.

GAISSLER, R. P. **The history of environment, science and society told by DDT**: a discourse and content analysis of the media from the United States and Brazil between 1944 and 2014. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas., Campinas, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.

JARMAN, W. M.; BALLSHMITER, K. From coal to DDT: the history of the development of the pesticide DDT from synthetic dyes till Silent Spring. **Endeavour**, [online], v. 36, n. 4, p. 131–142, 1 dez. 2012.

JATOBÁ, S. U. S.; CIDADE, L. C. F.; VARGAS, G. M. Ecologismo, ambientalismo e ecologia política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. **Sociedade e Estado**, [Brasília], v. 24, p. 47–87, abr. 2009.

KADVANY, J. Book Review: Chocolate and Chess (Unlocking Lakatos). **Philosophy of the Social Sciences**, [online], v. 42, n. 2, p. 276–286, jun. 2012.

KADVANY, J. Who Was Imre Lakatos? 2020. **John Kadvany**: philosophy, risk, mathematics. Disponível em:

http://www.johnkadvany.com/GettingStarted/Kadvany_Design/Assets/LakatosPage/Lakatos_Frameset_3.htm. Acesso em: 22 fev. 2020.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. trad. Beatriz Vianna Boeira; Nelson Boeira. 2 reimpr. da 13 ed de 2017. São Paulo: Perspectiva, 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, I. **A Lógica do Descobrimento Matemático** - Provas e Refutações. trad. Nathanael Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

LAKATOS, I. Ciência e pseudociência. **História da Ciência e suas Reconstruções Racionais**. trad. Emília Picado Tavares Marinho Mendes. 70. ed. Lisboa: Didáctica Editora, 1998a. p. 11–20.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1998b.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. *In*: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix : Universidade de São Paulo, 1979.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. trad. Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

LEÃO, L. H. da C.; VASCONCELLOS, L. C. F. de. Cadeias produtivas e a vigilância em saúde, trabalho e ambiente. **Saúde e Sociedade**, [São Paulo], v. 24, n. 4, p. 1232–1243, dez. 2015.

LÖWY, M. Ecosocialismo: o que é, por que precisamos dele, como chegar lá. **Germinal: marxismo e educação em debate**, [Salvador], v. 13, n. 2, p. 471–482, 17 set. 2021.

MARCONDES, D. **Iniciação à história da filosofia**: dos pré-socráticos a Wittgenstein. 2. ed rev. ampl. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

MARX, K. **O capital**: crítica da economia política: livro I: o processo de produção do capital. trad. Rubens Enderle. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2017.

MAYR, E. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. trad. Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MCCORMICK, J. **Rumo ao paraíso**: a história do movimento ambientalista. trad. Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiá. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992.

MINAYO, M. C. de S. Enfoque Ecológico de Saúde e Qualidade de Vida. *In*: MINAYO, M. C. de S.; MIRANDA, A. C. de (org.). **Saúde e ambiente sustentável**: estreitando nós. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento**. 12. ed. São Paulo : Rio de Janeiro: HUCITEC ; ABRASCO, 2010(Saúde em debate, 46).

MÜLLER, P. H. **Nobel Lecture**. Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane and Newer Insecticides. [S. l.]: NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. Traduzido para o português., 11 dez. 1948. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1948/muller/lecture>. Acesso em: 14 set. 2021.

MUSGRAVE, A.; PIGDEN, C. Imre Lakatos. *In*: ZALTA, E. N. (org.). **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Winter 2016. [S. l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2016.

OLIVEIRA, L. K. de. **O processo de poluição ambiental e alimentar por agrotóxicos em municípios da bacia do rio Juruena, Mato Grosso**. 2016. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

OLIVEIRA, L. K. de *et al.* Processo sócio-sanitário-ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Juruena, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde e Sociedade**, [São Paulo], v. 27, n. 2, p. 573–587, jun. 2018.

OPAS. Enfoques ecossistêmicos em saúde: perspectivas para sua adoção no Brasil e países da América Latina. Organização Pan-Americana de Saúde. 2009.

OPAS. Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Organização Pan-Americana de Saúde. 1996.

PAN. Pesticide Action Network International. **Consolidated List of Banned Pesticides 6th Edition**: 2022. Disponível em: <https://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

PASCHOAL, A. D. **Pragas, agrotóxicos e crise ambiente**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2019.

PASTERNAK, N. Sim, existe “concentração segura” de agrotóxicos. 4 out. 2019. **Questão de Ciência**. Disponível em: <https://www.revistaquestaoodeciencia.com.br/artigo/2019/10/04/sim-existe-concentracao-segura-de-agrotoxicos>. Acesso em: 14 set. 2021.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Org.). **E veneno ou é remédio?** agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro, RJ: Editora Fiocruz, 2003.

PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; *et al.* (Org.). Da vigilância das doenças à vigilância do desenvolvimento. **Desastres sócio-sanitário-ambientais do agronegócio e resistências agroecológicas no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Outras Expressões, 2021. p. 351–362.

PIGNATI, W. A.; CORRÊA, M. L. M.; *et al.* (Org.). **Desastres sócio-sanitário-ambientais do agronegócio e resistências agroecológicas no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Outras Expressões, 2021.

PIGNATI, W. A. **Os riscos e vigilância em saúde no espaço de desenvolvimento do agronegócio no Mato Grosso**. 2007. Tese – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

POPPER, K. R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. trad. Leonidas Hegenberg; Octanny Silveira Da Mota. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

PORTO, M. F. de S. **Uma ecologia política dos riscos**: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. 2a edição revista e atualizada. Rio de Janeiro, RJ: Editora Fiocruz, 2012.

PPG-SP/ENSP, P. de P.-G. S. S. em S. P. **Regimento Interno**. [S. l.]: ENSP, 2021. Disponível em: <https://ensino.ensp.fiocruz.br/cursos/mestrado-e-doutorado/saude-publica/regimento>. Acesso em: 22 fev. 2020.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003.

RIGOTTO, R. M. (Org.). **Agrotóxicos, trabalho e saúde**: vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no Baixo Jaguaribe, CE. Fortaleza: Ed. UFC, 2011.

ROBERTS, B. **Lakatos**. 21 set. 2014. **Philosophy, Logic and Scientific Method**. Disponível em: <http://www.lse.ac.uk/philosophy/lakatos/>. Acesso em: 22 fev. 2020.

SHIVA, V. **Monoculturas da mente**: perspectivas da biodiversidade e da biotecnologia. trad. Dinah de Abreu Azevedo. São Paulo: Gaia, 2003.

SILVA, A. F. C. da. Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [Belém], v. 17, 4 maio 2022.

SMITH, E. H.; KENNEDY, G. G. History of Entomology. In: RESH, V. H.; CARDÉ, R. T. (org.). **Encyclopedia of Insects (Second Edition)**. San Diego: Academic Press, 2009. p. 449–458.

SOARES, W. L.; CUNHA, L. N. da; PORTO, M. F. de S. **Uma política de Incentivo fiscal a agrotóxicos no Brasil é injustificável e insustentável**. [S. l.]: GT Saúde e Ambiente Abrasco; Instituto Ibirapitanga, 2020.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. de S. Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. **Revista de Saúde Pública**, [online], v. 46, n. 2, p. 209–217, abr. 2012.

SOULÉ, M. E. What Is Conservation Biology? **BioScience**, [Los Angeles], v. 35, n. 11, p. 727–734, 1985.

STAPLETON, D. H. A Lost Chapter in the Early History of DDT: The Development of Anti-Typhus Technologies by the Rockefeller Foundation's Louse Laboratory, 1942-1944. **Technology and Culture**, [online], v. 46, n. 3, p. 513–540, 2005.

STOLL, M. Rachel Carson's Silent Spring: A book that changed the world. **Environment & Society Portal, Virtual Exhibitions**, [online], n. 1, 16 mar. 2012.

TAMBELLINI, A. T.; CÂMARA, V. de M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, [Rio de Janeiro], v. 3, n. 2, p. 47–59, 1998.

THORNTON, J. Beyond Risk: An Ecological Paradigm to Prevent Global Chemical Pollution. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, [online], v. 6, n. 4, p. 318–330, 1 out. 2000.

VASSEUR, P.; MASFARAUD, J.-F.; BLAISE, C. Ecotoxicology, revisiting its pioneers. **Environmental Science and Pollution Research**, [online], v. 28, p. 3852–3857, 2021.

VERBI SOFTWARE. **MAXQDA 2022 [computer software]**. Berlin, Germany: [s. n.], 2019. Disponível em: maxqda.com.

WELBOURN, P. M.; HODSON, P. V. The History and Emergence of Ecotoxicology as a Science. *In*: CAMPBELL, P. G. C. *et al.* (org.). **Ecotoxicology**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2022.

ZAMORA, H. **Editopología**: saber hacer lo edificable desde el lugar arquitectónico. Accepted: 2018-02-20T23:25:46Z, 2008.

ZHOU, H. *et al.* Ecotoxicology: the history and present direction. *In*: FATH, B. (org.). **Encyclopedia of Ecotoxicology**. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2019. v. 2, p. 1–9.

GLOSSÁRIO

Anomalia. Fenômenos que violam as expectativas do paradigma que governa a ciência normal (KUHN, 2018). Nos PPCs, tem o papel de catalisador de descobertas científicas. Nunca se esgotam. Agem apenas no cinturão protetor, ou seja, nas teorias e hipóteses auxiliares e condições iniciais, não atingindo o núcleo duro.

Cinturão protetor. Elemento do PPC formado pelo conjunto de hipóteses auxiliares do programa, agrupadas em estruturas de modelos de explicação da realidade. Quanto mais robustas e numerosas forem os modelos formados pelas hipóteses auxiliares, ou seja, quanto mais forte for o cinturão protetor, maior a força heurística do programa.

Condições iniciais. São “enunciados singulares, que se aplicam ao evento específico em pauta, [...] descrevem aquilo que, habitualmente, é chamado de “causa” do evento em questão.” (POPPER, 2013, p. 54)

Enigma. São anomalias que devem ser explicadas a partir do PPC. São desafios que o PPC deve buscar resolver. O enigma pode ser resolvido de três formas: “solucionando-o dentro do programa original (a anomalia transforma-se em exemplo); neutralizando-o, isto é, solucionando-o dentro de um programa independente, indiferente (a anomalia desaparece); ou, (...) solucionando-o dentro de um programa rival (a anomalia converte-se num exemplo contrário)” (LAKATOS, 1979, p. 196, nota de rodapé).

Enunciados. Qualquer expressão linguística de sentido completo. Neste sentido, mais estritamente gramatical, o termo indica não só a expressão declarativa (asserção ou proposição), como também as dúvidas, os comandos, as exortações, as apóstrofes, etc., frases que não podem ser declaradas verdadeiras ou falsas. (ABBAGNANO, 2007, p. 337)

Enunciados metafísicos. Enunciados não testáveis.

Enunciados singulares. Enunciados que dizem respeito apenas a certas regiões finitas do espaço e do tempo.

Enunciados universais. Também denominados como “enunciados-todos”, é uma asserção universal acerca de ilimitado número de indivíduos, que pode ser apresentado sob a forma seguinte: “de todos os pontos do espaço e do tempo (ou em todas as regiões do espaço e do tempo) é verdadeiro que...”. Isso equivale a encará-los como enunciados não verificáveis. É a forma lógica na qual é apresentada as teorias ou leis naturais (POPPER, 2013, p. 56–57)

Excesso de conteúdo corroborado. Característica de um PPC que possui mais teorias corroboradas, por meio de testes estatísticos ou experimentais, em relação aos PPCs rivais.

Excesso de conteúdo empírico. Característica de um PPC que apresenta teorias verificáveis empiricamente com maior poder explicativo que os PPCs concorrentes, ou seja, elas predizem fatos novos, fatos improváveis à luz dos PPCs concorrentes, ou mesmo proibidos por eles.

Fatos novos. Consiste no “excesso de conteúdo empírico corroborado” de um PPC. São predições teóricas e empiricamente corroboradas que um PPC é capaz de fazer sobre determinado fenômeno. Elemento que diferencia entre PPCs progressivos e regressivos. PPCs progressivos apresentam descobertas de fatos novos, já os regressivos está ausente dessas descobertas.

Força heurística. “Termo técnico a fim de caracterizar a força de um programa para antecipar teoricamente fatos novos em seu crescimento. (...) poderia empregar, naturalmente, ‘poder explanatório’.” (LAKATOS, 1979, p. 191)

Hipóteses *ad hoc*. São hipóteses construídas após o surgimento de fatos anômalos que sequer foram previstos pelo programa. São explicações particulares que não harmonizam com o conjunto de hipóteses e com núcleo duro do programa de pesquisa científica, utilizadas apenas para tentar salvar o programa de anomalias e refutações. O uso recorrente de hipóteses *ad hoc* em um programa torna-o regressivo e pseudocientífico.

Hipóteses auxiliares. São teorias que protegem o núcleo duro de um programa de pesquisa científica, antecipam fatos novos e verificam fatos preditos pelo programa, tanto fatos corroboradores quanto fatos refutadores. O desenvolvimento das hipóteses auxiliares é orientado pela heurística positiva do programa, e são agrupadas em estruturas de modelos de explicação da realidade, formando o cinturão protetor. Quanto mais robustas e numerosas forem os modelos formados pelas hipóteses auxiliares, maior a força heurística do programa.

Heurística negativa. Estruturas conceituais de um programa de pesquisa científica que atuam como regras metodológicas nas pesquisas científicas, orientando os temas e problemas de pesquisa que devem ser evitados. Proíbe que fatos anômalos ao programa de pesquisa questionem a validade do núcleo duro.

Heurística positiva. Estruturas conceituais de um programa de pesquisa científica que atuam como regras metodológicas nas pesquisas científicas orientando os temas e problemas de pesquisa que devem ser desenvolvidos, com o objetivo de legitimar o núcleo duro do programa.

Lógica da Pesquisa Científica. Estudo a respeito das regras metodológicas da pesquisa científica.

Modus tollens. Operação lógica que refuta não só a teoria falseada no teste, mas refuta também as demais teorias “superiores” que deduziram a teoria sob teste. O “falseamento de uma conclusão acarreta o falseamento do sistema de que ela deriva”. (POPPER, 2013, p. 67). Na MPPC a heurística negativa impede que o *modus tollens* seja apontado para o núcleo duro, sendo dirigido apenas às teorias (hipóteses auxiliares) do cinturão protetor.

Núcleo duro. Teorias científicas consideradas irrefutáveis por decisão metodológica do(s)/da(s) cientista(s). O(a) pesquisador(a) as toma como premissas inquestionáveis, básicas para o desenvolvimento da pesquisa. A aceitabilidade de teorias como núcleo duro está condicionada ao progresso teórico e empírico do programa. Pode-se considerar como o a metafísica ou a ideologia do programa de pesquisa, que se manterá aceita enquanto o programa for progressivo.

Proposições. Enunciado declarativo ou aquilo que é declarado, expresso ou designado por tal enunciado, que pode ser identificado como verdadeiro ou falso. (ABBAGNANO, 2007, p. 801)

Regras metodológicas. Conjunto de escolhas/decisões metodológicas que estruturam de forma racional e lógica os enunciados científicos da pesquisa.

Teoria explanatória. São as teorias responsáveis por tentar explicar a “base empírica” ou as teorias interpretativas de uma pesquisa científica. Geralmente identificado como o marco teórico de uma pesquisa científica.

Teoria interpretativa. São os enunciados científicos que fornecem os “fatos concretos”, que podemos denominar também de “base empírica”.

Teoria observacional. Enunciados derivados de experimentos científicos empíricos; teoria interpretativa; “base empírica”.

Transferência de problemas teoricamente progressiva. Quando uma série de teorias “tiver algum excesso de conteúdo empírico em relação à sua predecessora, isto é, se ela predisser algum fato novo, até então inesperado.” (LAKATOS, p. 144)

Transferência de problemas empiricamente progressiva. Quando em uma “série teoricamente progressiva de teorias, [...] parte desse conteúdo empírico for corroborado, isto é, se cada teoria nova nos conduzir a descoberta real de algum fato novo.” (LAKATOS, p. 144)

Transferências de problemas degenerativas. Quando uma série de teorias não apresenta transferências de problemas teórica e empiricamente progressivas. Geralmente apresentam hipóteses *ad hoc*.

APÊNDICE – CIÊNCIA E COVID-19: A CONSTRUÇÃO DE PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA FRENTE O CONTEXTO NEGACIONISTA¹

Luã Kramer de Oliveira

ENSP (Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca)

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz)

Luiz Carlos Fadel de Vasconcellos

DIHS (Departamento de Direitos Humanos, Saúde e Diversidade Cultural)

ENSP (Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca)

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz)

Fernando Salgueiro Passos Telles

DIHS (Departamento de Direitos Humanos, Saúde e Diversidade Cultural)

ENSP (Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca)

FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz)

Wanderlei Antonio Pignati

ISC (Instituto de Saúde Coletiva)

UFMT (Universidade Federal de Mato Grosso)

Resumo

O papel que a ciência tem cumprido em relação à pandemia da COVID-19 está em franca discussão no Brasil e no mundo. Considerando a necessidade de aprofundar o debate sobre as concepções de ciência no presente contexto, assim como suas consequências, o objetivo deste ensaio é discutir, a partir de referenciais da epistemologia, o problema da demarcação entre ciência e não ciência, os programas de pesquisa científica e o negacionismo na pandemia. Na primeira parte do texto, apresenta-se a discussão da demarcação entre ciência e não ciência, com destaque para a proposição do filósofo Imre Lakatos sobre os programas de pesquisa científica e sua relação com as pesquisas sobre a COVID-19. Na segunda parte, argumenta-se sobre o negacionismo na pandemia da COVID-19 e a sua relação com a necropolítica e o neofascismo. Por fim, discute-se a necessidade de incorporação da interdisciplinaridade, participação ativa dos sujeitos e garantia dos direitos humanos em programas de pesquisa científica sobre a COVID-19, assim como em outros temas de saúde pública.

¹Ensaio submetido à periódico científico no dia 03/05/2022.

Palavras-chave: COVID-19; Epistemologia; Programa de Pesquisa Científica; Negacionismo; Interdisciplinaridade.

Abstract

The role that science has played in relation to the COVID-19 pandemic is under open discussion in Brazil and in the world. Considering the need to deepen the debate on the conceptions of science in the present context, as well as their consequences, the purpose of this essay is to discuss, from epistemological references, the problem of demarcation between science and non-science, scientific research programs and the denialism in the pandemic. In the first part of the text, the discussion of the demarcation between science and non-science is presented, with emphasis on the proposition of the philosopher Imre Lakatos on scientific research programs and their relationship with research on COVID-19. The second part discusses the denialism of the COVID-19 pandemic and its relationship with necropolitics and neo-fascism. Finally, it discusses the need to incorporate interdisciplinarity, active participation of subjects and guarantee of human rights in scientific research programs on COVID-19, as well as other public health issues.

Key-words: COVID-19; Epistemology; Scientific Research Program; Denialism; Interdisciplinarity.

Introdução

A pandemia do coronavírus SARS-CoV-2 e da COVID-19 acentuou diversos problemas sociais, característicos da sociedade capitalista contemporânea, particularmente na sociedade brasileira: desigualdade social profunda, fome, desemprego, violência, autoritarismo, racismo, feminicídio, LGBTQIAPN+fobia, degradação do meio ambiente, entre outros. Surge um novo cenário social mais dramático e desafiador (CAPONI, 2021; NEVES et al., 2021; OLIVEIRA; CARVALHO; JESUS, 2020; SOUSA et al., 2020; SUNDE; SUNDE; ESTEVES, 2021).

Questionamentos impõe-se à comunidade científica sobre como lidar com a pandemia e suas consequências, entre eles, um dos elementos de reflexão é o papel da ciência em meio a essa tragédia sanitária mundial.

Na passagem do século XIX para o XX, com a emergência da epidemiologia e da microbiologia, a ciência, enquanto atividade social produtora de conhecimento e tecnologia, constituiu-se como um componente fundamental nas ações de saúde pública em diferentes escalas – regionais, nacionais e internacionais (ROSEN, 1994). Com a atual pandemia não foi diferente,

desde o início da epidemia em Wuhan, na China, em dezembro de 2019, a identificação do novo vírus e a certificação da pandemia em março de 2020, a ciência tem sido um campo central para a compreensão das características e comportamentos do vírus, assim como na formulação de medidas de controle da transmissão e no tratamento e prevenção da doença (CUCINOTTA; VANELLI, 2020).

As áreas das ciências tradicionalmente envolvidas em estudo de doenças e epidemias infecciosas (epidemiologia, infectologia, virologia e imunologia) ganharam maior notoriedade e investimento, por serem centrais na definição das medidas de contenção da transmissão do vírus, com destaque para a produção de vacinas.

O ineditismo do impacto socioeconômico sistêmico que esta pandemia tem provocado, fez instituições privadas e estatais, movimentos sociais, entre outros grupos sociais de todo o mundo acionarem o conjunto da comunidade acadêmica internacional. Tem ocorrido extraordinária mobilização global das diversas disciplinas e áreas do conhecimento, e de seus respectivos pesquisadores, para estudar e produzir conhecimentos e tecnologias relacionados ao contexto da pandemia (LORUSSO; INCHINGOLO; SCARANO, 2020). Nesse universo da pesquisa científica, é possível identificar a multiplicidade de concepções científicas em ação, nos quais refletem na produção de conhecimentos e práticas diversificadas e interdisciplinares, que dependendo das áreas de conhecimento e das abordagens científicas adotadas, também podem se apresentar como divergentes (FORTALEZA, 2021).

Nunca se viu tamanha cobertura midiática em torno da produção científica, a partir da pandemia (BARBOSA FILHO, 2020). Questões específicas do meio científico – como a relação da ciência com a política e a economia, a questão das patentes de vacinas e fármacos, as controvérsias e disputas de narrativas e as construções de consensos entre cientistas, entre outros – ficaram mais evidentes para o público. Ressalta-se o papel da internet e das redes sociais na circulação de informações científicas sobre a pandemia, com destaque para a problemática do grande volume de *fake news* produzidas e circuladas nestes meios, descrita como infodemia (GALLOTTI et al., 2020).

Nas ações governamentais voltadas para o controle da pandemia e suas consequências, observou-se grande variedade de abordagens que, dependendo do regime político-econômico em cada região, aproximavam-se ou distanciavam-se das recomendações elaboradas pelas instituições sanitárias e de pesquisa (ESPERIDIÃO et al., 2021). No caso do Brasil, parte significativa dos(as)

pesquisadores(as) tem sido totalmente ou parcialmente ignorados(as) por governantes, casas legislativas e judiciário. De modo a favorecer o enriquecimento de algumas corporações, em detrimento da vida da população do país, poderes do Estado utilizam discursos revestidos como “científicos” para justificar suas ações sobre a pandemia. Conceitos como ‘negacionismo’ e ‘necropolítica’, por exemplo, têm sido utilizados para caracterizar o cenário político brasileiro em relação à pandemia (ALMEIDA-FILHO, 2021; CAPONI, 2021).

A ciência e o papel que ela tem cumprido em relação à pandemia, portanto, está em franca discussão, de tal modo que se torna uma oportunidade para discutirmos com mais profundidade as concepções de ciência no presente contexto, assim como suas consequências. O objetivo deste ensaio é discutir, a partir de referenciais da epistemologia, o problema da demarcação entre ciência e não ciência, os programas de pesquisa científica e o negacionismo na pandemia.

O que é ciência? Um pouco de filosofia para aprofundar nosso debate

Dentre as diferentes disputas que se estabeleceram no campo científico e político, relacionado à pandemia da COVID-19, tem se destacado a polarização entre setores, nomeados como “negacionistas”, que vêm aplicando medidas pouco ou nada fundamentadas em pesquisas científicas e os setores que defendem as pesquisas científicas e suas decorrentes ações de controle.

Em meio a esse embate de ciência e anticiência ou entre as próprias ciências, primeiro cabe perguntar: o que é ciência? Parte da sociedade brasileira, incluindo profissionais graduados(as) e pós-graduados(as), compartilham uma visão otimista, romântica e messiânica da ciência: uma prática intelectual neutra, isenta de ideologia, metódica, sistemática, superior a todas as outras formas de conhecimento e capaz de produzir infinidades tecnológicas para solucionar praticamente todos os problemas (CASTELFRANCHI et al., 2013). No entanto, a ciência não é assim, e não por falta de compromisso dos(as) cientistas, mas porque a ciência é uma atividade humana desenvolvida em um contexto histórico e social e, portanto, tem intencionalidade, possui influência ideológica e é suscetível a erros (ROSA, 2012a, 2012b). Um raciocínio a partir disso poderia ser então desacreditar na atividade científica, já que esta é falível e não se demonstra superior em relação as demais formas de conhecimento (posição presente no negacionismo, abordado adiante), mas não é este o caminho que seguiremos.

Não existe uma definição única de ciência. O termo ciência, do latim *scientia*, significa conhecimento. O exercício de construção do conhecimento pela humanidade é verificado em praticamente todas as sociedades já conhecidas (ROSA, 2012a). A imagem romântica e messiânica sobre o que é ciência e o cientista, hoje é apenas uma, e talvez a mais fraca, das diversas formas de compreender e fazer ciência.

A história mostra que o entendimento hoje existente sobre ciência é muito diferente do que se falava de ciência na Grécia antiga, na Idade Média ou no começo da revolução industrial. Conhecimentos considerados cientificamente verdadeiros em determinada época ou país, hoje passam longe de serem reconhecidos como válidos pela comunidade científica. Há muitos episódios na história da ciência, onde observa-se a atuação de grupos de poder defendendo teorias “científicas” de seu interesse como verdadeiras e por outro lado, perseguindo e até tirando a vida daqueles(as) que as contrapõe e apresentam teorias científicas alternativas (ROSA, 2012a).

No Brasil pandêmico, por exemplo, pesquisadores(as) e servidores(as) da saúde críticos à adoção de tratamentos ineficazes e defensores de medidas de isolamento e distanciamento social, uso de máscaras, testes e vacinação em massa, entre outras medidas, são perseguidos(as), exonerados(as) de seus cargos, ameaçados(as) nas redes sociais e nos locais de trabalho, por governos das esferas federativas e setores da extrema-direita e neofascistas. Aliados a outros setores – econômicos, corporativos clientelísticos e ‘fisiológicos’ – utilizam argumentos aparentemente “científicos” emanados e respaldados por órgãos oficiais (CAPONI et al., 2021; SOUZA, 2021).

Afinal, o que define então o que é conhecimento científico e não científico? É uma mera questão de poder, onde a classe dominante e seus governantes em determinado local definem por meio do Estado o que é conhecimento científico válido? Ou é uma decisão apenas dos(as) cientistas, que avaliam qual é o conhecimento mais verdadeiro?

O problema da demarcação no contexto da pandemia

A definição entre o que é conhecimento científico e não científico foi discutida pela epistemologia no século XX como o “problema da demarcação” (POPPER, 2013). O problema da demarcação se apresenta como pertinente no contexto da pandemia, na medida em que as ações do poder público visando a prevenção e o tratamento da doença tentam se justificar a partir do

conhecimento científico. Dependendo do critério que se utiliza para definir o que é ou não é conhecimento científico, certos conhecimentos e práticas podem ser aplicados ou desconsiderados, e no caso da pandemia, estamos tratando de procedimentos que implicam na vida e morte de milhões de pessoas.

O filósofo da ciência que colocou a questão da demarcação em evidência, o austríaco Karl Popper, estava em desacordo com os modelos científicos dominantes em seu tempo, o positivismo e o neopositivismo (ou probabilismo) – ainda dominante nos tempos atuais –, assim como discordava da forma como estes modelos demarcavam a fronteira entre conhecimento científico e não científico (POPPER, 2013).

Para os positivistas, conhecimento científico é sinônimo de conhecimento provado e a lógica indutiva é o meio pelo qual se determina a verdade das teorias científicas. A lógica indutiva consiste em transformar, por meio do método científico – sobretudo testes experimentais sucessivos e controlados –, um ou mais enunciados singulares observacionais (exemplo: a COVID-19 é provocada pela infecção do vírus SARS-CoV-2) em um enunciado universal/teoria científica verdadeiro (exemplo: toda doença transmissível possui um agente patogênico). Os testes científicos dos enunciados singulares observacionais/experimentais induzem a comprovação da teoria (enunciado universal). Desta forma, aquela teoria que não conseguir reunir evidências empíricas para sua comprovação, não passa pela lógica indutiva e, portanto, não é científica e é considerada mera especulação, metafísica, pseudociência etc. (POPPER, 2013).

De acordo com POPPER (2018), o “problema da indução” está em estabelecer a experiência observacional como uma expressão da verdade da natureza, e este como critério único para demarcar o conhecimento científico. Os enunciados científicos derivados de observações experimentais não podem adquirir o significado de conhecimento verdadeiro, já que nossas observações, mesmo que controladas e sistematizadas, são determinadas pelas tecnologias e conhecimentos prévios, que possuem fundamentações teóricas, assim como sofrem influência de nossas ideologias/visões de mundo e, portanto, são falíveis (POPPER, 2018, 2013). O reconhecimento dessa afirmação significa o colapso do positivismo como teoria da racionalidade científica.

Uma forma de superar essa crítica foi elaborada pelo probabilismo ou neopositivismo, que apresentou um recuo no pensamento positivista ao admitir que as teorias não podem ser provadas, mas, por outro lado, acreditam que elas podem tornar-se sólidas em maior ou menor extensão –

mais ou menos prováveis. Por meio de testes estatísticos de probabilidade, o neopositivismo atribui a categoria “verdadeiro” para aqueles enunciados mais prováveis e “falso” àqueles enunciados menos prováveis. A lógica probabilística no neopositivismo substitui, portanto, a lógica indutiva do positivismo, sendo este o método de demarcação entre conhecimento científico e não científico nessa vertente (POPPER, 2013).

POPPER (2013) argumenta que tanto os positivistas, quanto os neopositivistas, estão equivocados ao defenderem a possibilidade de se obter, por meio de experimentos observacionais ou por meio de testes estatísticos, a verdade definitiva ou mais provável dos fenômenos, pois tal postura é dogmática e limitadora da criatividade científica. POPPER (2018, 2013) é um grande defensor da ciência empírica e afirma que a lógica da pesquisa científica nesta área consiste em primeiro formular teorias (conjecturas) sobre determinados fenômenos e depois testá-los por meio do método científico (observações, experimentos, cálculos etc.), porém, tal teste pode apenas “corroborar” ou “falsear/refutar” a teoria, e nunca comprovar ou ser provável em definitivo.

As teorias que sobrevivem aos testes são “corroboradas” e aceitas temporariamente pela comunidade científica até que elas sejam falseadas/refutadas e substituídas por outras teorias. Este procedimento de “seleção científica de teorias”, Popper caracterizou como lógica hipotético-dedutiva (POPPER, 2013). Nesse sentido, sua proposta de critério de demarcação entre conhecimento científico e não científico, é o enunciado ser falseável, ou seja, só é científica aquela teoria capaz de ser testada e estar suscetível ao falseamento. Apenas enquanto a teoria não é contundentemente falseada, ela é convencionalmente aceita pela comunidade científica como “verdadeira” (sempre entre aspas). Esta proposta ficou conhecida como falseacionismo metodológico (LAKATOS, 1979; POPPER, 2018).

A história da ciência demonstra diversos casos em que teorias novas, visando explicar pontos contraditórios que teorias dominantes no período não conseguiam explicar, mesmo apresentado poucas evidências de início, exigiram a criação de novos métodos observacionais e matemáticos para produzir novas evidências que os corroborem, de modo que ao passar dos anos superaram suas teorias concorrentes. Como exemplos clássicos temos a teoria copernicana *versus* a ptolomaica sobre o universo; teoria do contágio *versus* a do miasma para doenças infecciosas; mecânica quântica *versus* mecânica newtoniana nas micropartículas, entre outros (KUHN, 2018; LAKATOS, 1979; ROSEN, 1994).

Além disso, a partir de meados século XIX, com a formação dos Estados nacionais modernos e da expansão do sistema capitalista, houve a explosão da prática científica em todo o planeta, de modo que áreas tradicionais da ciência foram se transformando e várias novas áreas foram surgindo, se diversificando e ramificando-se. Em meados do século XX, a diversificação das práticas e conhecimentos científicos criou diferentes ciências, cada uma com objetos de estudo, teorias e métodos específicos. A crescente atividade industrial e comercial neste período também provocou uma tendência de atuação dos cientistas e formação profissional cada vez mais especializada (ROSA, 2012b). Este cenário tornou mais complicada a tarefa de estabelecer critérios gerais que definem o que é conhecimento científico e não científico em meio às diversas ciências existentes.

Nesse contexto, o estadunidense filósofo da ciência, Thomas Kuhn, apresentou a visão pluralista da competição entre teorias científicas, denominada como “concepção ampliada da natureza das revoluções científicas” (23, p. 67). Ele construiu um arcabouço de categorias teóricas para explicá-la, entre eles o conceito de “paradigma” e “ciência normal”. Os paradigmas atuam na influência (ou direcionamento) da formação de uma ciência normal, ou seja, na adesão de uma comunidade científica a um corpo teórico progressivo, por determinado tempo. Tais categorias kuhnianas remetem a interpretação sociológica e da psicologia social a respeito das revoluções científicas.

Analisando a complexidade do cenário científico do século XX e a visão pluralista do choque entre teorias descrito por Kuhn, o filósofo húngaro Imre Lakatos, reformula o problema da demarcação, definindo que a importância dessa questão na filosofia da ciência não está em distinguir conhecimento científico do não científico em geral, mas em distinguir o conhecimento científico do pseudocientífico. Ou seja, devemos buscar meios racionais de analisar entre os conhecimentos pretensamente científicos qual deles é de fato ciência ou pseudociência (LAKATOS, 1998a).

LAKATOS (1979) admite a crítica ao positivismo e ao neopositivismo feita por Popper, porém discorda em partes com Popper quanto ao falseacionismo metodológico, justamente por compreender que na história da ciência uma teoria não é abandonada apenas por apresentar uma sequência de refutações empíricas, mas ela é abandonada principalmente por existir outras teorias concorrentes que explicam melhor o fenômeno em estudo. Deste modo, propõe compreendermos de forma mais ampla que ciência se desenvolve a partir do confronto entre séries de teorias ao

longo da história. Quando uma série de teorias se apresentam articuladas em algum campo científico, passando a forjar determinada tradição neste meio e a constituir o que KUHN (2018) chamou de paradigma, na visão de LAKATOS (1979) estamos tratando de um *programa de pesquisa científico*. Lakatos faz essa diferenciação, pois acredita que a teoria de Kuhn, em certa medida, reduz a epistemologia a uma análise sociológica e psicológica da ciência, deixando de lado o aspecto racional presente nas decisões teórico-metodológicas das pesquisas científicas. Os programas de pesquisa científica (PPCs), para Lakatos, devido sua extensão de influência teórica e metodológica, passam a receber rótulos, por exemplo Darwinismo, Mecânica Clássica e Quântica, Marxismo, Funcionalismo, Modelo Biomédico, Medicina Social, entre outros (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; LAKATOS, 1979; SILVA, 2014).

LAKATOS (1979) propõe uma metodologia para examinarmos os PPCs, chamada Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC), de modo a identificarmos se esses são progressivos ou regressivos, sendo que as pesquisas científicas inseridas em PPCs regressivos são passíveis de serem classificadas como pseudocientíficas.

Dentre vários aspectos a serem analisados nos PPCs, o principal critério que difere o PPC progressivo do regressivo é a *descoberta de fatos novos*. A descoberta de fatos novos em um PPC possui duas características: (1) as teorias de um PPC progressivo apresentam maior poder explicativo que o PPC concorrente, ou seja, elas predizem fatos novos, fatos improváveis à luz do PPC concorrente, ou mesmo proibidos por ele; e (2) as teorias do PPC com maior poder explicativo são corroboradas empiricamente. Um PPC é considerado “aceitável” ou “científico” se demonstrar a descoberta de fatos novos, ou nas palavras de LAKATOS, se tiver “excesso corroborado de conteúdo empírico”. A primeira característica é designada como “excesso de conteúdo empírico (‘aceitabilidade₁’)” e a segunda como “conteúdo empírico corroborado (‘aceitabilidade₂’)” (LAKATOS 1979, p. 142).

As pesquisas científicas inseridas em PPCs regressivos, que não apresentam a descoberta de fatos novos podem ser consideradas pseudocientíficas, porém tal caracterização precisa ser feita com cautela. A história da ciência demonstra que os(as) cientistas não trocam de PPC tão facilmente. Em geral, eles(elas) buscam insistentemente corroborar o PPC no qual estão inseridos, mesmo que este PPC apresente muitas refutações e anomalias. Deste modo, torna-se legítimo pesquisadores(as) insistirem em PPCs novos, que ainda possuem pouco conteúdo empírico verificado, ou mesmo em PPCs regressivos, pois há casos na história da ciência em que PPCs

regressivos passam por transformações forjando novos PPCs progressivos. Neste sentido, Lakatos é altamente antidogmático na ciência, assim como Popper, e avança em reconhecer a necessidade da crítica permanente e da existência do contraditório em uma dialética concorrencial entre as teorias científicas (LAKATOS, 1979, 1998a, 1998b).

Para exemplificar como utilizar a MPPC no caso da pandemia, podemos conceber que um elemento central do núcleo duro² de PPCs sobre a pandemia consista no enunciado “evitar o adoecimento e a morte da população por COVID-19”. Um PPC progressivo deverá primeiro, apresentar teorias com maior poder explicativo que os PPCs concorrentes (“aceitabilidade₁”), neste caso, apresentar teorias que justifiquem como a sua aplicação irá contribuir para evitar mais adoecimentos e mortes por COVID-19; e segundo, as teorias desse PPC deverão ser corroboradas na prática (“aceitabilidade₂”), nesse caso, quando aplicadas deverão objetivamente impedir o aumento de casos e mortes pela COVID-19. Os PPCs que não se apresentam progressivos nas fases de aceitabilidade₁ e aceitabilidade₂, são, portanto, regressivos e precisam ser modificados para tentarem se tornar progressivos³.

No caso da pandemia, tal procedimento de escolha de teorias é muito séria e delicada. Precisa ser realizada rapidamente, pois a troca de abordagens regressivas por progressivas, implica no impedimento do adoecimento e da morte de um número considerável de pessoas. Mas quem decide qual PCC é progressivo ou regressivo e quais teorias presentes nesses PPCs devem ser aplicadas? Este é um ponto importante ao pensarmos a aplicação da MPPC em contextos complexos, como a pandemia, e que exigem respostas científicas imediatas.

Lakatos teve sua formação inicial na área da matemática e física e sua obra teve foco nessas áreas. Não aplicou a MPPC para estudar as ciências biológicas, sociais ou da saúde. Nos casos estudados por Lakatos, a caracterização do PPC progressivo ou regressivo só pôde ser fortemente constatada a partir de uma análise histórica de longo período (décadas ou séculos), onde se reconstrói racionalmente os PPCs em disputa e se analisa como o PPC progressivo superou seus rivais. As reconstruções feitas por Lakatos, assim como a de outros autores que aplicaram a MPPC, demonstraram que, apesar de haverem influências de processos sócio-políticos, a adesão aos PPCs

² O núcleo duro de um PPC consiste em teorias científicas irrefutáveis por decisão metodológica. O(a) cientista as toma como premissas inquestionáveis, básicas para o desenvolvimento da pesquisa. Pode-se considerar o núcleo duro como o paradigma, a metafísica ou a ideologia do programa de pesquisa (LAKATOS, 1979).

³ Um programa progressivo precisa incorporar todo o conteúdo explicativo do programa rival e conseguir ir além, apresentando novas teorias que o programa rival não contempla (LAKATOS, 1979).

progressivos, em detrimento dos PPCs regressivos, é, em última análise, uma decisão metodológica dos(as) cientistas (LAKATOS, 1978, 1979; ORENSANZ; DENEGRI, 2017; SILVA, 2014).

No caso da pandemia da COVID-19, dois aspectos devem ser considerados: (1) a exigência de respostas rápidas da ciência e do poder público, tanto na questão preventiva e terapêutica, quanto em relação às consequências socioeconômicas; (2) compreender os PPCs incorporando a perspectiva da interdisciplinaridade, pois as respostas científicas para problemas complexos, como a pandemia, tem exigido a integração de diversas áreas das ciências, que possuem teorias e métodos distintos e às vezes divergentes (ALMEIDA FILHO, 2020). Estes aspectos tornam a tarefa da decisão em relação a PPCs progressivos e regressivos mais complexa, porém não são impedimentos para o mesmo.

Dois anos se passaram desde que o vírus SARS-CoV-2 foi identificado e que a pandemia se iniciou, de modo que é cedo para afirmarmos de forma conclusiva quais PPCs sobre a pandemia da COVID-19 são progressivos ou regressivos. Contudo, é possível fazer considerações preliminares, como trataremos nos tópicos seguintes.

A utilização de uma teoria ou PPC progressivo em políticas públicas não depende apenas da comunidade científica, mas também de processos histórico-sociais que atravessam a prática científica, necessitando trazer para o debate, além da dimensão epistemológica aqui colocada, também a dimensão ético-política da ciência para refletirmos, por exemplo, sobre o caso do negacionismo na pandemia.

Negacionismo e necropolítica no Brasil: manipulação do conhecimento científico na gestão da COVID-19.

O conceito de negacionismo tem sido largamente utilizado durante a pandemia no Brasil, e em países com regimes político-econômicos semelhantes, caracterizado por uma ideologia política de negação do conhecimento científico produzido sobre a COVID-19 (ALMEIDA-FILHO, 2021).

O termo negacionismo passou a ser empregado com mais força no começo do século XXI, nas discussões sobre mudanças climáticas, como forma de identificar àqueles(as) que se recusam a admitir a existência de evidências científicas suficientes confirmando que as atividades produtivas humanas estão provocando às mudanças climáticas (MIGUEL, 2020). Porém, o uso do termo já vinha sendo utilizado para descrever cenários semelhantes de negação do conhecimento

científico, em outros casos, como na relação entre HIV e AIDS e nos efeitos do tabaco na saúde. O negacionismo foi caracterizado por apresentar alguns ou todos destes cinco elementos: i) teorias da conspiração; ii) falsos especialistas; iii) seletividade (uso apenas de parte do conhecimento científico que lhes interessa); iv) impor expectativas impossíveis sobre o que a pesquisa pode oferecer (ex. negação da vacina já que ela não é 100% eficaz); v) deturpações e falácias lógicas (DIETHELM; MCKEE, 2009).

No negacionismo vigente, sob o governo J. M. Bolsonaro, observa-se a utilização dos cinco elementos característicos do negacionismo. Apesar de ter uma base no anticientificismo e no fundamentalismo religioso, não é negação da ciência em geral, mas sim negação dos conhecimentos científicos que vão contra suas ideias e projetos políticos. Além de expressar-se no caso da pandemia, o negacionismo é observado em outros temas: desmatamento da Amazônia, impacto dos agrotóxicos e mudanças climáticas (CLIMAINFO, 2020; GRIORI, 2019; MIGUEL, 2020).

Para CARNUT (2020), a política do atual governo se fundamenta no neofascismo, definido, em resumo, por um regime que possui elementos semelhantes ao fascismo histórico (autoritarismo, liderança populista, pensamento único, emprego sistemático da violência simbólica/psicológica/física, visão discriminatória racista, machista, LGBTQIAPN+fóbica, exaltação a símbolos nacionais, entre outros) combinado com a defesa da política econômica neoliberal, de redução do papel do Estado nas políticas sociais e de saúde. O negacionismo governamental na ciência age a partir desta lógica neofascista, utilizando, quando necessário, uma estrutura de texto e discurso “técnico e científico” para justificar ações ou políticas pouco ou nada fundamentada em pesquisas científicas, como estratégia de poder com o objetivo de validar teorias que favoreçam interesses de grupos dominantes – geralmente com finalidades econômicas – e de convencer parte da população que tais teorias são respaldadas pela ciência.

No caso da pandemia no Brasil, temos como exemplos mais emblemáticos a recomendação de fármacos sem eficácia comprovada na fase inicial da infecção e a precoce flexibilização do isolamento social. O episódio dos fármacos sem eficácia comprovada, em especial a orientação do Ministério da Saúde para o uso da cloroquina e hidroxicloroquina na fase inicial da infecção (BRASIL, 2020), exemplifica a estratégia negacionista, ao utilizar falsos especialistas e selecionar/manipular informações de pesquisas preliminares sobre o efeito destes medicamentos, para construir uma retórica pretensamente científica em defesa do uso destes como política de

saúde pública (CAPONI et al., 2021; FONSECA et al., 2021). Mesmo após as refutações empíricas nos estudos sobre uso da cloroquina e hidroxicloroquina na fase inicial da doença (LIMA et al., 2021), a retórica negacionista continua sendo utilizada pelo bolsonarismo (MENDES, 2021).

A flexibilização precoce do isolamento social seguiu a mesma lógica. Inclusive, em setores políticos que se opõem ao governo Bolsonaro (PEREIRA; OLIVEIRA; SAMPAIO, 2020), identifica-se a mesma distorção negacionista do discurso científico, para diminuir as medidas restritivas. Em grande parte do Brasil, as flexibilizações deliberadas pelos governos municipais e estaduais, com aval dos poderes judiciário e legislativo, ocorreram sem a realização de testes em massa e vigilância efetiva da COVID-19, desconsiderando, o real número de casos e o risco de aumento da transmissão do vírus (ALMEIDA-FILHO, 2021). Essas flexibilizações, que aumentaram o número de mortes por COVID-19 no Brasil (sobretudo na população negra e pobre), expressa a maneira deliberada como o poder público tem agido com a intenção de deixar morrer parte da população, podendo ser definida como uma gestão necropolítica da pandemia (CAPONI, 2021).

A justificativa tem sido a tentativa de garantir o crescimento econômico e a manutenção da renda e do emprego para os(as) trabalhadores(as). Contudo, diversas pesquisas apontaram, e experiências em alguns países demonstraram que, com suporte do Estado no provimento de políticas assistenciais robustas, é possível realizar medidas restritivas da mobilidade social, incluindo *lockdowns*, com alta efetividade na redução da circulação do vírus (reduzindo casos e mortes) sem ter grandes prejuízos econômicos (ESPERIDIÃO et al., 2021; FELICIELLO; GAVA, 2020).

No negacionismo de cunho neofacista observa-se, portanto, o uso constante de estratégias de distorção do discurso científico na tentativa de justificarem as ações necropolíticas neoliberais para garantir o processo de acumulação capitalista. Essas situações demonstram que vem se fortalecendo nas esferas políticas e acadêmicas, sobretudo no Brasil, um tipo de negacionismo científico que aceita e legitima a banalização da vida, da violência e das iniquidades promovidas pela necropolítica neoliberal (CAPONI et al., 2021; CARBONARI, 2020).

O negacionismo científico é diferente da pseudociência que tratamos no tópico anterior. Apesar de parecerem semelhantes, no discurso negacionista prevalecem características, como descritas por DIETHELM e MCKEE (2009), que sequer se configuram como teoria ou pesquisa científica. Já no caso da pseudociência, na perspectiva de Lakatos, estamos tratando de programas

de pesquisa científica – que possuem teorias e métodos formulados e testados por pesquisadores(as) e instituições de pesquisa – regressivos por não obterem maior poder explicativo e corroboração empírica. No caso do negacionismo, não há nenhuma intenção em fazer avançar o conhecimento sobre determinado fenômeno, ou seja, não há ciência ou pesquisa científica, há apenas a ação dogmática de manipulação e distorção de enunciados científicos ou pseudocientíficos para atender a determinada estratégia de poder. Na pseudociência, entretanto, existe a intenção de pesquisar e conhecer determinado fenômeno, porém as teorias (ou o PPC) que o(a) pesquisador(a) está utilizando são racionalmente inferiores em relação a outras teorias e PPCs progressivos que se aplicam ao fenômeno estudado.

Elementos mínimos para PPCs progressivos em Saúde Coletiva: interdisciplinaridade, participação dos sujeitos e defesa dos direitos humanos

A pandemia da COVID-19 ainda está em curso e há diversos programas de pesquisa científica atuando neste contexto. Não cabe para este ensaio analisá-los em sua totalidade e profundidade a partir da MPPC, de todo modo, faremos algumas considerações preliminares.

A pandemia revelou-se como um fenômeno totalizante e complexo, que têm atravessado e transformado as diversas esferas da sociedade em todo o globo. Neste sentido, qualquer PPC progressivo sobre a pandemia da COVID-19 necessita ser interdisciplinar ou transdisciplinar. A interdisciplinaridade remete à noção de diferentes disciplinas científicas articuladas considerando os seguintes elementos chave: interação, integração, convergência, mistura e ligação. A multidisciplinaridade, em comparação, tem também como característica a presença de diferentes disciplinas, porém elas estão apenas justapostas, em sequência, faltando a integração entre elas. Já a transdisciplinaridade, por outro lado, incorpora todos elementos da interdisciplinaridade, e acrescenta a ideia de criatividade, síntese, transcendência, transgressão e transformação (KLEIN, 2017).

Adentrando no conceito de interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, em contextos de saúde pública, tal processo de articulação de conhecimentos ocorre geralmente a partir de uma situação problema que exige ações de transformação deste cenário visando a redução e eliminação dos processos degradantes à saúde. A situação problema é entendida como o objeto da ação, sendo que cada objeto específico demanda um tipo de equipe multiprofissional e interdisciplinar. Cada

membro da equipe, em processo dinâmico e coletivo de discussão do objeto, contribui com seu conhecimento disciplinar, onde os múltiplos saberes são compartilhados buscando a apropriação coletiva destes conhecimentos. A conjugação desses saberes e as ações sobre o objeto a ser transformado origina novos saberes, novos conhecimentos: o conhecimento interdisciplinar ou transdisciplinar daquele objeto (MINAYO, 2010; VASCONCELLOS, 2011)

Devido à grande extensão das causas e consequências da pandemia da COVID-19, o PPC para ser progressivo deverá buscar o máximo de interdisciplinaridade possível. Deste modo, nos PPCs sobre a pandemia não basta, por exemplo, colocar a epidemiologia, infectologia ou imunologia como disciplinas centrais, no topo da hierarquia dos conhecimentos, com as demais disciplinas apenas complementando-as (multidisciplinaridade). É necessário fazer a integração, mistura, ligação destas disciplinas com as demais disciplinas (ex. sociologia, antropologia, economia, psicologia, geografia, biologia, física, estatística, direito etc.), de modo a produzir trocas de métodos, conceitos e teorias entre elas (interdisciplinaridade), criando novas teorias e abordagens (transdisciplinaridade).

Associado a essa perspectiva interdisciplinar e transdisciplinar descrita, acrescenta-se a necessidade do diálogo e da incorporação dos conhecimentos dos sujeitos envolvidos nas situações problema, sobretudo aqueles(as) mais atingidos(as). Trata-se de inserir de forma ativa estes sujeitos na dinâmica de construção do conhecimento interdisciplinar e transdisciplinar e incorporar seus saberes oriundos da experiência vivida (conhecimento empírico do cotidiano), visto que serão eles(as) os(as) principais agentes da transformação. Diversas abordagens, desenvolvidas nas últimas décadas, apontam estratégias teórico-metodológicas nesse sentido. Entre elas, podemos citar a comunidade científica ampliada (ODDONE, 2020), comunidade ampliada de pares (FUNTOWICZ; RAVETZ, 1997), comunidade ampliada de pesquisa-ação (PORTO et al., 2016), monitoramento participativo (BREILH, 2003) e ecologia de saberes (SANTOS, 2007).

As pesquisas para a produção de imunizantes, sobretudo as que têm alcançado êxito, têm-se mostrado como uma das linhas de investigação científica de maior relevância para a redução de casos e mortes da COVID-19 em todo o mundo. Entretanto, se por um lado, têm se desenvolvido de forma extraordinária vacinas com tecnologias inovadoras e eficazes em tempo recorde, por outro lado, a produção, distribuição e a aplicação destas vacinas no mundo têm encontrado complexas barreiras econômicas, políticas e sociais, entre elas o insuficiente investimento global na produção de vacinas, as patentes e o interesse comercial da indústria farmacêutica, os protecionismos

nacionalistas, as desigualdades econômicas entre os países e o negacionismo antivacina (SOUZA; BUSS, 2021). Tal complexidade precisa ser encarada pelos PPCs sobre a pandemia, com vistas a produzir conhecimentos e estratégias de ações para a superação de desafios como estes, entendendo a necessidade de incorporar como elemento fundamental a perspectiva da garantia universal dos direitos humanos (OLIVEIRA et al., 2017).

Em síntese, considerando a complexidade do atual contexto sócio-sanitário-ambiental global, avaliamos que os PPCs sobre a pandemia, assim como os que atuam em outros temas de saúde pública, precisam minimamente incorporar no seu núcleo duro a perspectiva da interdisciplinaridade, da participação ativa dos sujeitos da pesquisa e a defesa dos direitos humanos, para se tornarem progressivos. PPCs em saúde pública que não busquem efetivamente incorporar esses elementos correm sério risco de serem compreendidos como regressivos e pseudocientíficos.

Sem buscar esgotar a lista de potenciais PPCs progressivos sobre a COVID-19, elencamos algumas abordagens, por demonstrarem, de diferentes formas, a incorporação da interdisciplinaridade, da participação dos sujeitos e defesa dos direitos humanos em suas propostas teórico-metodológicas. Entre elas, estão propostas nas áreas da Epidemiologia Social (ALMEIDA FILHO, 2020), Epidemiologia Crítica (BREILH, 2020), Saúde do Trabalhador (SOUZA, 2020; VASCONCELLOS et al., 2021), Ecologia Política (ALVES; VIZZACCARO-AMARAL, 2021; WALLACE, 2020), Saúde Coletiva (ABRASCO et al., 2020) e Saúde e Ambiente (FRIEDRICH et al., 2021). Tais exemplos apresentam características próprias, que merecem exames mais detalhados em outros estudos. Também consideramos que muitas publicações não elencadas aqui podem, da mesma forma, ser consideradas progressivas.

Considerações finais

A utilização da MPPC no contexto da pandemia representa um potente instrumento de análise de produções científicas, com o objetivo de identificar as que mais contribuem no avanço da redução dos casos e mortes pela COVID-19 e do controle efetivo da doença, assim como na mitigação das suas consequências.

Assim como a sociedade global, o campo científico não é mais o mesmo desde o início da pandemia. A pesquisa científica, mesmo com as restrições financeiras impostas pelos regimes

neoliberais e das tentativas negacionistas e neofascistas de as sufocarem, têm ganhado maior relevância. Deste modo, é imprescindível que a permanente reflexão crítica sobre a ciência acompanhe o seu desenvolvimento, para que os conhecimentos em cada área de pesquisa continuem avançando e também para aproximá-los cada vez mais da democracia e dos direitos humanos.

No campo da Saúde Coletiva, área do conhecimento forjada no vínculo com as lutas sociais contra as iniquidades capitalistas, em defesa da democracia e por um sistema público e universal de saúde, é necessário estar em alerta quanto as abordagens neofacistas no campo científico, de modo a enfrentá-las. Devemos utilizar o arsenal de abordagens críticas já acumuladas pelo campo da Saúde Coletiva, assim como criar novas teorias e práticas, de modo a desenvolver programas de pesquisa científica progressivos que contribuam para as transformações sociais que almejamos.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO, A. B. DE S. C. et al. **Plano Nacional de Enfrentamento à Pandemia de Covid-19.** Frente pela Vida. 1 dez. 2020.
- ALMEIDA, A. V. DE; FALCÃO, J. T. DA R. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 1, p. 17–32, abr. 2005.
- ALMEIDA FILHO, N. D. Modelagem da pandemia Covid-19 como objeto complexo (notas samajianas). **Estudos Avançados**, v. 34, n. 99, p. 97–118, ago. 2020.
- ALMEIDA-FILHO, N. Pandemia de Covid-19 no Brasil: equívocos estratégicos induzidos por retórica negacionista. Em: **Principais elementos.** Coleção Covid-19. Brasília, DF: Conselho Nacional de Secretários de Saúde, 2021. v. 1.
- ALVES, G.; VIZZACCARO-AMARAL, A. L. (EDS.). **Trabalho, saúde e barbárie social: pandemia, colapso ecológico e desenvolvimento humano.** 1. ed. Marília, SP: Projeto Editorial Praxis, 2021.
- BARBOSA FILHO, A. Comunicação e COVID-19. Em: CASTRO, D.; DAL SENO, D.; POCHMANN, M. (Eds.). **Capitalismo e a Covid-19.** São Paulo: [s.n.]. v. 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Orientações do Ministério da Saúde para manuseio medicamentoso precoce de pacientes com diagnóstico da COVID-19. **Ministério da Saúde.** maio 2020.
- BREILH, J. De la vigilancia convencional al monitoreo participativo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 937–951, 2003.

BREILH, J. SARS-CoV2: rompiendo el cerco de la ciencia del poder. Escenario de asedio de la vida, los pueblos y la ciencia. Em: ALZUETA, E. R. et al. (Eds.). **Posnormales**. 1. ed. [s.l.] ASPO (Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio), 2020.

CAPONI, S. et al. O uso político da cloroquina: COVID-19, negacionismo e neoliberalismo. **Revista Brasileira de Sociologia - RBS**, v. 9, n. 21, p. 78–102, 20 jan. 2021.

CAPONI, S. Biopolítica, necropolítica e racismo na gestão do covid-19. **Porto das Letras**, v. 7, n. 2, p. 22–43, 9 abr. 2021.

CARBONARI, P. C. Reflexões sobre ética e ciência: ensaio no contexto de pandemia Covid-19. **Revista Interdisciplinar de Direitos Humanos**, v. 8, n. 2, p. 55–69, 26 nov. 2020.

CARNUT, L. Neofascismo como objeto de estudo: contribuições e caminhos para elucidar este fenômeno. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 41, n. 1, p. 81–108, 2020.

CASTELFRANCHI, Y. et al. As opiniões dos brasileiros sobre ciência e tecnologia: o ‘paradoxo’ da relação entre informação e atitudes. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 20, p. 1163–1183, 30 nov. 2013.

CLIMAINFO. **Insistindo em negar o desmatamento, Bolsonaro enfraquece as já débeis ações de seu governo.** *ClimaInfo*, 21 jul. 2020. Disponível em: <<https://climainfo.org.br/2020/07/21/insistindo-em-negar-o-desmatamento-bolsonaro-enfraquece-as-ja-debeis-aco-es-de-seu-governo/>>. Acesso em: 25 out. 2021

CUCINOTTA, D.; VANELLI, M. WHO Declares COVID-19 a Pandemic. **Acta Biomedica Atenei Parmensis**, v. 91, n. 1, p. 157–160, 19 mar. 2020.

DIETHELM, P.; MCKEE, M. Denialism: what is it and how should scientists respond? **European Journal of Public Health**, v. 19, n. 1, p. 2–4, 1 jan. 2009.

ESPERIDIÃO, M. A. et al. **Boletim. Acompanhamento da pandemia em países selecionados.** OBSERVA COVID. set. 2021.

FELICIELLO, D.; GAVA, G. B. Economia e pandemia: lockdown, flexibilização e defesa da vida. **Cadernos de Pesquisa do NEPP UNICAMP**, v. Número 89, p. 21, set. 2020.

FONSECA, E. M. DA et al. Political discourse, denialism and leadership failure in Brazil’s response to COVID-19. **Global Public Health**, v. 16, n. 8–9, p. 1251–1266, 2 set. 2021.

FORTALEZA, C. M. C. B. Emergency science: Epistemological insights on the response to COVID-19 pandemics. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 42, n. 1, p. 120–121, jan. 2021.

FRIEDRICH, K. et al. **Agronegócio e pandemia no Brasil: uma sindemia está agravando a pandemia de COVID-19?** IPEN/ABRASCO, 2021.

FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 4, n. 2, p. 219–230, out. 1997.

GALLOTTI, R. et al. Assessing the risks of ‘infodemics’ in response to COVID-19 epidemics. **Nature Human Behaviour**, v. 4, n. 12, p. 1285–1293, dez. 2020.

GRIORI, P. **Agricultores consomem agrotóxico porque fumam ao aplicar, diz ministra da Agricultura**. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2019/04/agricultores-consosem-agrotoxico-porque-fumam-ao-aplicar-diz-ministra-da-agricultura/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

KLEIN, J. T. Typology of Interdisciplinarity - the boundary work of definition. Em: FRODEMAN, R.; KLEIN, J. T.; PACHECO, R. C. S. (Eds.). **The Oxford handbook of interdisciplinarity**. Oxford handbooks. Second edition ed. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2017. p. 21–34.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2018.

LAKATOS, I. **A Lógica do Descobrimento Matemático - Provas e Refutações**. Tradução: Nathanael Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. Em: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Eds.). **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix: Universidade de São Paulo, 1979.

LAKATOS, I. Ciência e pseudociência. Em: **História da Ciência e suas Reconstruções Racionais**. Tradução: Emília Picado Tavares Marinho Mendes. 70. ed. Lisboa: Didáctica Editora, 1998a. p. 11–20.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1998b.

LIMA, L. V. A. et al. Uso de aminoquinolinas (Cloroquina e Hidroxicloroquina) no tratamento da COVID-19: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e569101220907–e569101220907, 1 out. 2021.

LORUSSO, F.; INCHINGOLO, F.; SCARANO, A. The impact of Covid-19 on the scientific production spread: a five-month bibliometric report of the worldwide research community. **Acta Medica Mediterranea**, n. 6, p. 3357–3360, 1 dez. 2020.

MENDES, W. **Bolsonaro tenta comprovar eficácia da Cloroquina e Ivermectina com enquete: “levanta o braço”**. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colunistas/wagner-mendes/bolsonaro-tenta-comprovar-eficacia-da-cloroquina-e-ivermectina-com-enquete-levanta-o-braco-1.3150100>>. Acesso em: 26 out. 2021.

MIGUEL, J. C. H. Negacionismo climático no Brasil. **COLETIVA**, v. Dossiê 277 | Crise climática, 2020.

MINAYO, M. C. DE S. Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade. **Emancipação**, v. 10, n. 2, 2010.

NEVES, J. A. et al. Unemployment, poverty, and hunger in Brazil in Covid-19 pandemic times. **Revista de Nutrição**, v. 34, 2 jun. 2021.

ODDONE, I. **Ambiente de trabalho: a luta dos trabalhadores pela saúde**. São Paulo, SP: Hucitec Editora, 2020.

OLIVEIRA, M. H. B. DE et al. **Direitos Humanos e saúde: construindo caminhos, viabilizando rumos**. Rio de Janeiro: Cebes, 2017.

OLIVEIRA, F. A. G.; CARVALHO, H. R. DE; JESUS, J. G. DE. LGBTI+ em tempos de Pandemia da Covid-19. **DIVERSITATES International Journal**, v. 12, n. 1, p. 60–94, 21 jun. 2020.

ORENSANZ, M.; DENEGRI, G. La helmintología según la filosofía de la ciencia de Imre Lakatos. **Salud Colectiva**, v. 13, n. 1, p. 139, 11 abr. 2017.

PEREIRA, A. K.; OLIVEIRA, M. S.; SAMPAIO, T. DA S. Heterogeneidades das políticas estaduais de distanciamento social diante da COVID-19: aspectos políticos e técnico-administrativos. **Revista de Administração Pública**, v. 54, p. 678–696, 28 ago. 2020.

POPPER, K. **Conjecturas e refutações**. Tradução: Benedita Bettencourt. Lisboa: Edições 70, 2018.

POPPER, K. R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg; Tradução: Octanny Silveira Da Mota. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

PORTO, M. F. DE S. et al. Comunidades ampliadas de pesquisa ação como dispositivos para uma promoção emancipatória da saúde: bases conceituais e metodológicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 1747–1756, jun. 2016.

ROSA, C. A. DE P. **História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012a.

ROSA, C. A. DE P. **História da ciência: a ciência e o triunfo do pensamento científico no mundo contemporâneo**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012b.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Unesp, 1994.

SANTOS, B. DE S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Novos estudos CEBRAP**, p. 71–94, nov. 2007.

SILVA, C. S. P. **A produção do conhecimento em Paleoparasitologia: uma análise bibliométrica e epistêmica**. Tese (Doutorado)—Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, 2014.

SOUSA, T. C. M. et al. **Covid-19 e queimadas na Amazônia Legal e no Pantanal: aspectos cumulativos e vulnerabilidades**. Rio de Janeiro: Observatório de Clima e Saúde do Icict/Fiocruz, 2020.

SOUZA, D. DE O. A saúde dos trabalhadores e a pandemia de COVID-19: da revisão à crítica. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia (Health Surveillance under Debate: Society, Science & Technology) – Visa em Debate**, v. 8, n. 3, p. 125–131, 27 maio 2020.

SOUZA, L. E. P. F. DE; BUSS, P. M. Desafios globais para o acesso equitativo à vacinação contra a COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00056521, 22 set. 2021.

SOUZA, M. **Entidades acusam governo federal de perseguir pesquisadores e de limitar atividade científica**. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/772494-entidades-acusam-governo-federal-de-perseguir-pesquisadores-e-de-limitar-atividade-cientifica/>>. Acesso em: 24 set. 2021.

SUNDE, R. M.; SUNDE, LUCILDINA M. C.; ESTEVES, L. F. Femicídio durante a pandemia da COVID-19. **Oikos: Família e Sociedade em Debate**, v. 32, n. 1, p. 55–73, 29 abr. 2021.

VASCONCELLOS, L. C. F. DE et al. (EDS.). **Saúde do trabalhador em tempos de desconstrução: caminhos de luta e resistência**. Rio de Janeiro: Cebes, 2021.

VASCONCELLOS, L. C. F. **Interdisciplinaridade, intersetorialidade e controle social em Saúde do Trabalhador – o desafio de passar da teoria à prática**. Em: PROJETO DE CAPACITAÇÃO DE IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA DE ATENÇÃO À SAÚDE DO SERVIDOR - SIASS. UFRJ, 2011.

WALLACE, R. **Pandemia e agronegócio: doenças infecciosas, capitalismo e ciência**. Tradução: Allan Rodrigo de Campos Silva. São Paulo: Elefante, 2020