

ISSN 0101-9635

# Leopoldianum

Revista de Estudos e Comunicações da Universidade Católica de Santos  
Ano 49 - nº 139

## A PRODUÇÃO DO SABER





UNIVERSIDADE  
**CATÓLICA  
DE SANTOS**

**Chanceler** Dom Tarcísio Scaramussa, SDB  
**Reitor** Prof. Me. Marcos Medina Leite  
**Pró-Reitora Administrativa** Profª. Dra. Mariângela Mendes Lomba Pinho  
**Pró-Reitora de Graduação** Profª. Dra. Rosângela Ballego Campanhã  
**Pró-Reitor de Pastoral** Prof. Me. Pe. Cláudio Scherer da Silva

# Leopoldianum

**Revista de Estudos e Comunicações**

## Conselho Editorial Executivo (2023)

Profª. Dra. Mariângela Mendes Lomba Pinho (Presidente)  
Prof. Dr. Fernando Rei  
Prof. Dr. Gilberto Passos de Freitas  
Prof. Dr. Luiz Carlos Moreira  
Profª. Dra. Maria Amélia do Rosário Santoro Franco  
Prof. Dr. Paulo Ângelo Lorandi

## Conselho Editorial Nacional (2023)

Dra. Ana Maria Saul, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP  
Dr. André Panno Beirão, Escola de Guerra Naval, Centro de Estudos Político Estratégicos - RJ  
Dra. Bernadete de Souza Porto, Universidade Federal do Ceará – CE  
Dra. Carina Berta Moljo, Universidade Federal de Juiz de Fora - MG  
Dra. Ivanilde Apoluceno de Oliveira, Universidade do Estado do Pará - PA  
Dr. Luiz de Pinedo Quinto Júnior, Instituto Federal Fluminense - RJ  
Dr. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, Universidade Federal Fluminense - RJ  
Dra. Sueli de Lima Moreira, Universidade Estadual do Rio de Janeiro – RJ

## Conselho Editorial Internacional (2023)

Dra. Angelina Valenzuela Rondon, Universidad de Monterrey - México.  
Dr. Bernard Charlot, Université de Paris 8 Vincennes-Saint-Denis – Paris - França  
Dr. Daniel Schugurensky, Arizona State University - USA  
Dr. Lício Carlos Viana Silva Lima, Universidade do Minho, Braga - Portugal  
Dra. Maria Pilar Dopazo Fraguio, Universidad Complutense de Madrid, Espanha  
Dr. Paolo Vittoria, Università Federico II di Napoli - Itália



**Editora Universitária Leopoldianum**

Av. Conselheiro Nébias, 300 – Vila Mathias  
11015-002 – Santos - SP - Brasil - Tel.: (13) 3205.5555

Site: [www.unisantos.br/edul](http://www.unisantos.br/edul) • Atendimento: [leopoldianum@unisantos.br](mailto:leopoldianum@unisantos.br)

# Leopoldianum

Revista de Estudos e Comunicações da Universidade Católica de Santos  
Ano 49 - n.º. 139



*Editora Universitária  
Leopoldianum  
Universidade Católica de Santos*

2023

L Leopoldianum [recurso eletrônico]: revista de estudos e comunicações da  
Universidade Católica de Santos. - Ano 49, n.º. 139 (2023).  
Santos: Editora Universitária Leopoldianum, 1974-.  
v.: il.; 27 cm

ISSN 01019635

I. Universidade Católica de Santos. II. Título: Leopoldianum.

CDU 001 (05)

---

QUALIS: A Revista *Leopoldianum* está avaliada pelo Qualis/Capes (2022) como **A4** (Ciência Política e Relações Internacionais, Direito, Linguística e Literatura, Educação, Geografia, História, Interdisciplinar, Saúde Coletiva e Sociologia)

•  
Indexação: RVBI – Senado Federal ([www.senado.gov.br/sicon](http://www.senado.gov.br/sicon))

•  
Matérias assinadas são da exclusiva responsabilidade de seus autores e não expressam necessariamente opiniões científicas da Comissão *ad hoc* ou pontos de vista e diretrizes da Instituição.

•  
• Pedese Permuta • On demand L'échange • Man bitter um Austausch • Si chiede lo scambio • We ask for exchange



Elcio Prado (Designer Gráfico, Diagramador, Capista)

Revisão  
Autores

#### Projeto gráfico para impressão

- Formato: 180 x 270 mm • Mancha: 115 x 232 mm
- Tipologia: Franklin Gothic Medium Cond (Títulos/Cabeçalhos); Goudy Old Style (Textos)

#### Envio de artigos

<http://periodicos.unisantos.br/leopoldianum>

# Sumário / *Table of Contents*

**GOVERNANÇA AMBIENTAL E A AGENDA 2030: ATUAÇÃO PARADIPLOMÁTICA DE GOVERNOS SUBNACIONAIS / ENVIRONMENTAL GOVERNANCE AND THE 2030 AGENDA: PARADIPLOMATIC ACTION OF SUBNATIONAL GOVERNMENTS.....07**

Débora Gomes Galvão Basilio e Cleber de Deus

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS: OS MUNICÍPIOS A PARTIR DA REESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GOVERNANÇA GLOBAL AMBIENTAL / CLIMATE CHANGE: MUNICIPALITIES FROM THE RESTRUCTURING OF THE GLOBAL ENVIRONMENTAL GOVERNANCE MODEL.....23**

Leonardo Bernardes Guimarães, Gabriela Soldano Garcez e Angela Limongi Alvarenga Alves

**EL DISEÑO DE PRODUCTOS SOSTENIBLES: ASPECTOS CLAVES PARA SU POSITIVA REGULACIÓN (DERECHO DE LA UNIÓN EUROPEA) / THE DESIGN OF SUSTAINABLE PRODUCTS: KEY ASPECTS FOR ITS POSITIVE REGULATION (EUROPEAN UNION LAW).....35**

Maria Pilar Dopazo Fraguío

**O MÍNIMO TEÓRICO PARA COMPUTAÇÃO QUÂNTICA, A INOVAÇÃO DO SÉCULO XXI / THE THEORETICAL MINIMUM FOR QUANTUM COMPUTING, THE INNOVATION OF THE 21ST CENTURY.....67**

Antonio Tadeu F. Amado

**PREMISSAS LEGISLATIVAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO E O NÍVEL ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUAS COMO INSTRUMENTO DE CONCRETIZAÇÃO DA PNRH: ESTUDO DO CASO-REFERÊNCIA DA LOCALIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO- PR / LEGISLATIVE PREMISES OF THE NEW SANITATION FRAMEWORK AND THE ECONOMIC LEVEL OF WATER LOSSES AS AN INSTRUMENT FOR THE IMPLEMENTATION OF THE PNRH: A STUDY OF THE REFERENCE CASE OF THE LOCALITY OF CORNÉLIO PROCÓPIO-PR.....101**

Luan Gaspar Santos e Deise Marcelino da Silva

**EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: RELATO DE EXPERIÊNCIA DA LIGA ACADÊMICA DE CONTROLE DA TUBERCULOSE DA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS – UNISANTOS / UNIVERSITY EXTENSION: EXPERIENCE REPORT OF THE ACADEMIC TUBERCULOSIS CONTROL LEAGUE OF THE CATHOLIC UNIVERSITY OF SANTOS – UNISANTOS .....117**

Luzana Mackevicius Bernardes, Joice Maria Pacheco Antonio Fernandes e Márcia Fernandes Melzer



# GOVERNANÇA AMBIENTAL E A AGENDA 2030: ATUAÇÃO PARADIPLOMÁTICA DE GOVERNOS SUBNACIONAIS

DÉBORA GOMES GALVÃO BASÍLIO\*

CLEBER DE DEUS PEREIRA DA SILVA\*\*

\* Doutora em Direito Ambiental Internacional pela Universidade Católica de Santos Mestre pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)..

\*\* Pós-Doutor em Ciência Política pelo Ibero-Amerikanisches Institut em Berlin. Doutor em Ciência Política pelo Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro e Mestrado pela mesma instituição. Coordenador do Núcleo de Estudos Políticos e Eleitorais (NEPE) vinculado ao Programa de Mestrado em Ciência Política/UFPI. Pesquisador do Programa de Mestrado em Direito da Universidade Federal do Piauí (PPGD/FPI).

## RESUMO

A presente pesquisa destaca as contribuições da governança ambiental, pautada no respeito mútuo, cooperação e confiabilidade, para um intercâmbio de estratégias que busquem o enfrentamento de problemas comuns. Para tanto, aborda-se nesse sentido, que o cenário atual das Relações Internacionais traz desafios para o Direito Ambiental Internacional e para a própria implementação da Agenda 2030 que demanda iniciativas complexas de governança global e a atuação/reconhecimento de novos atores. Esta pesquisa objetiva analisar o fenômeno da paradiplomacia ambiental com foco na participação dos governos subnacionais. O presente estudo desenvolveu-se através de uma pesquisa classificada quanto à natureza, como qualitativa teórica, e quanto ao seu objetivo, exploratória de caráter bibliográfico. Efetuou-se levantamento dos acordos internacionais e legislação nacional, a doutrina nacional e estrangeira sobre o tema, e análise de documento. Por fim, foi realizado um panorama entre o avanço da Governança Ambiental, atuação dos governos subnacionais e a implementação da Agenda 2030 para um desenvolvimento sustentável.

## PALAVRAS-CHAVE

Governança Ambiental - Governos Subnacionais - Agenda 2030 - Paradiplomacia - Desenvolvimento Sustentável.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to highlight the contributions of environmental governance, based on mutual respect, cooperation, and reliability, to an exchange of strategies that seek to address common problems. In this regard, it is emphasized that the current scenario of International Relations poses challenges for International Environmental Law and for the implementation of the 2030 Agenda, which requires complex initiatives of global governance and the involvement/recognition of new actors. This research aims to analyze the phenomenon of environmental paradiplomacy with a focus on the participation of subnational governments. The present study was developed through a research classified as qualitative

theoretical in nature, and exploratory in terms of its objective, with a bibliographic character. An overview of international agreements and national legislation, national and foreign doctrine on the subject, and document analysis were carried out. Finally, a panorama was made between the advancement of Environmental Governance, the role of subnational governments, and the implementation of the 2030 Agenda for sustainable development.

### KEYWORDS

Environmental Governance - Subnational Governments - 2030 Agenda - Paradiplomacy - Sustainable Development

## INTRODUÇÃO

No século XXI o mundo assiste a eventos da natureza e a acontecimentos que fixaram cada vez mais os olhos da população para o meio ambiente, principalmente, pelas ações humanas interferirem diretamente no equilíbrio dos ecossistemas, causando desastres, problemas de saúde pública, econômicos e sociais. Esses eventos deixaram de ser experimentados em países isolados, e, por serem comuns e transfronteiriços, são objetos de debate a nível global. Hoje, a atual agenda global, a Agenda 2030 para um desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), norteia as relações internacionais e faz parte de objetivos comuns da humanidade.

A Agenda 2030 traz os objetivos do desenvolvimento sustentável a serem alcançados pelos países que se comprometeram a evoluir com 17 objetivos globais. Os ODS são integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. Eles são universais, por isso devem ser implementados por todos os países do mundo durante os próximos 10 anos, até 2030. Ressalta-se que os governos locais e regionais desempenharam um papel importante em influenciar a definição dos ODS, e a agenda pede explicitamente que governos e instituições públicas colaborem com os governos locais e regionais na realização dos objetivos.

Assim, a Agenda 2030 reconhece o papel fundamental dos governos locais e regionais na promoção do desenvolvimento sustentável. Tratando-se de uma agenda na forma de um plano de ação que requer comprometimento dos países a fim de transformar o planeta rumo ao desenvolvimento sustentável por meio da execução dos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável e suas 169 metas.

Busca-se fortalecer a paz universal com mais liberdade, a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema. É um desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. As partes interessadas devem atuar em parceria colaborativa para efetivação deste plano. Almeja-se libertar os seres humanos da pobreza e penúria para curar e proteger o nosso planeta. As medidas devem ser ousadas, transformadoras e são urgentemente necessárias para direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente. A Organização das Nações Unidas, ao lado das nações do mundo, se comprometeu a não deixar ninguém para trás.

Os objetivos foram construídos sobre o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (2000) e almejam avançar no que estes não conseguiram atingir ou ampliar aqueles

que apresentaram bons resultados. Os ODS buscam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, enfrentar a desigualdade e a injustiça social, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, encarar as mudanças climáticas, entre tantos outros desafios do nosso tempo. A Agenda é aplicável a todos os Estados, levando em conta diferentes realidades nacionais, capacidades e níveis de desenvolvimento, respeitando as políticas e as prioridades nacionais.

As noções de desenvolvimento e direitos humanos estão intrinsecamente ligadas; assim, ressalta-se que o desenvolvimento deve ocorrer sem deixar ninguém para trás e, para isso, estratégias específicas no campo das políticas públicas devem ser buscadas para garantir essa vinculação e nesse sentido caberá ao Direito um papel a desempenhar. Para o alcance desses objetivos e avanço da agenda, o Direito precisa se adaptar aos novos cenários das Relações Internacionais que estão em evolução, fornecendo um terreno fértil para identificação dos papéis dos atores, Estados-nações e entes subnacionais, por exemplo.

É que os mecanismos de governança global envolvem a participação de todos os interessados e implicam na integração de atores que muitas vezes não pertencem às estruturas formais do Estado, sejam eles públicos ou privados, desafiando, portanto, sua recepção pelo Direito Internacional. Entretanto, como o direito é dinâmico e o direito internacional deve acompanhar as modificações experimentadas em seu tempo, ante tais necessidades sociais, o direito internacional, necessariamente, deve acompanhar as evoluções, nem que para isso se valha de um ramo autônomo. Tais mudanças são decorrentes, por exemplo, da diversificação e ampliação de problemas ambientais, bem como da exigência de uma gestão diferenciada, em um mundo globalizado.

Na atualidade, os novos atores internacionais, sejam eles privados ou públicos, cumprem papéis cada vez mais importantes no meio ambiente internacional como motores da formulação de agendas para processos e desenvolvimento de políticas públicas internacionais, fornecendo conhecimento e informação científica, monitorando a execução de políticas internacionais e atuando junto aos agentes estatais. Assim, eles estão envolvidos em iniciativas de parceria com os governos, bem como no desenvolvimento de padrões voluntários e na formulação de programas de proteção ambiental.

Nesse sentido, há um corpus crescente de regras, princípios e decisões com impacto direto nos atores privados e nos atores públicos, nos governos subnacionais especificamente, que permitem a adoção de ações e até mesmo políticas que se somam ao esforço global de consecução das metas de desenvolvimento sustentável. Esses elementos são importantes quando se trata de cooperação internacional e governança socioambiental. Assim, organizações governamentais internacionais e atores não estatais, organizações não-governamentais, corporações, outros coletivos e indivíduos tornaram-se atores relevantes da governança ambiental nacional e internacional.

A diminuição das distâncias entre os Estados e a preponderância da cooperação torna o mundo mais interdependente, tornando imprescindível a união dos entes a fim de buscar soluções eficazes. Soluções que não estão restritas aos Estados, e que devem incluir demais atores, pois as controvérsias detêm interesses privados que não necessariamente se manifestam de maneira estatal. Nesses novos cenários, surge o Direito Ambiental Internacional (DAI), considerado um “ramo” autônomo do Direito Internacional, visto que apresenta normas e princípios específicos e distintos, que possui como objeto as relações dos sujeitos de Direito Internacional e dos novos atores internacionais com a agenda global da sustentabilidade e com a construção de regimes ambientais internacionais. (GRANZIERA; REI, 2015, p.151).

O Direito Ambiental Internacional (DAI) consagra o papel da governança global e dos novos atores. A consolidação e o reconhecimento da nova disciplina nos chamam para uma reflexão importante sobre o papel de cada ator na implementação das políticas públicas (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) e quais são as repercussões internacionais desses novos mecanismos. Seriam somente Estados-nações os únicos capazes de decidirem sobre o andamento de agendas?

Assim, observa-se uma realidade que não pode ser ignorada referente ao aumento da participação nas relações internacionais pelos atores privados ou públicos, fenômeno que se acentuou nas últimas décadas do século XX, ampliando a interdependência recíproca e a necessidade de cooperação dentro da comunidade internacional. São diversos os objetivos almejados que não podem avançar sem a participação dessa multiplicidade de atores, entre os quais estão: o aumento da atividade econômica, diminuição do aquecimento global, combate às epidemias, limitação da proliferação de armamentos, preservação da biodiversidade, evitar a disseminação do crime organizado e do terrorismo global, a fome, entre outros.

O desenvolvimento de novas relações sociais no seio da sociedade internacional oportunizou aos atores subnacionais a visibilidade de políticas e boas práticas em seus territórios, passando a ocupar paulatinamente um papel considerável na política internacional. Essa divisão na arena internacional com outros atores impulsionou a efetivação do Direito Ambiental Internacional, permitindo uma maior concretização das normas e uma cooperação recíproca mais sólida entre os países e os novos atores internacionais.

Nessa linha surge o fenômeno chamado paradiplomacia que, ao contrário da diplomacia no seu formato original, pode colocar os entes subnacionais como protagonistas do processo de intercâmbio de desenvolvimento atreladas aos desafios da agenda global da sustentabilidade. Esse fenômeno de crescimento da atuação dos governos subnacionais nas relações internacionais não se observa apenas no Brasil. Acredita-se que o termo paradiplomacia tenha sido cunhado na década de 1980 por Panayotis Soldatos (1990, p.35), a fim de designar as atividades internacionais desenvolvidas pelos entes subnacionais.

Ainda que o termo tenha adquirido outros significados ao longo do tempo à definição de Soldatos continua sendo uma das mais completas e por isso será adotada neste trabalho. Para ele, as atividades internacionais dos entes subnacionais podem ser consideradas paradiplomáticas apenas se possuírem características de política internacional/externa. O termo paradiplomacia é definido neste estudo, como será posto no capítulo 4, como o envolvimento dos governos subnacionais nas relações internacionais, realizado em nível nacional e/ou internacional, por meio e/ou independente do governo nacional, com o objetivo de resolver problemas globais.

Nesta pesquisa, efetuou-se um levantamento dos acordos internacionais e legislação nacional, a doutrina nacional e estrangeira sobre o tema, e análise de documento. Portanto, o presente estudo desenvolveu-se através de uma pesquisa classificada quanto à natureza, como qualitativa teórica, e quanto ao seu objetivo, exploratória de caráter bibliográfico. Dividindo-se em três partes: a primeira com uma explanação do conceito e importância da análise governança ambiental para um desenvolvimento sustentável.

A segunda e a terceira partes, analisa-se o papel fundamental dos novos atores internacionais, por meio das redes na efetivação dos objetivos de desenvolvimento sustentável, ressaltando o papel dos governos subnacionais de forma paradiplomática.

Finaliza-se a pesquisa com as considerações finais sobre o tema disposto, trazida de forma inicial. Almeja-se, portanto, analisar a matéria de forma introdutória a fim de contribuir

cientificamente para novos estudos, demonstrando sua importância para o desenvolvimento sustentável e papel da governança ambiental global.

## 1. ANÁLISE DA GOVERNANÇA AMBIENTAL GLOBAL

O princípio da soberania é um dos fundamentos da República Federativa do Brasil, presente no art.1º da Constituição Brasileira de 1988, além de encontrar-se em vários outros artigos. De acordo com Marcelo Caetano (1987, p.159), a soberania consiste em:

Poder político supremo e independente, entendendo-se por poder supremo aquele que não está limitado por nenhum outro na ordem interna e por poder independente aquele que, na sociedade internacional, não tem de acatar regras que não sejam voluntariamente aceites e está em pé de igualdade com os poderes supremos dos outros povos.

O conceito de soberania adotado na Constituição Brasileira é o mesmo reconhecido no Direito Internacional Clássico, no qual os países não possuem uma autoridade superior. Nesse sentido, a aprovação de uma norma requer consentimento, uma vez que o princípio da não intervenção prevalece, juntamente com um sistema de sanções precário. Portanto, no sistema clássico, os sujeitos de direito, ou seja, aqueles que detêm a soberania, são os Estados. Assim, apenas os Estados nacionais e as organizações internacionais são considerados sujeitos de Direito Internacional Público, com direitos e deveres internacionais, e capacidade para agir. Os países, no âmbito internacional, têm sua soberania limitada, o que impede que coajam outros países a agir na esfera internacional, prevalecendo, assim, a hierarquia hobbesiana (HOBBS, 1982).

No entanto, o Direito Internacional Clássico tem passado por mudanças significativas nas últimas três décadas, devido ao surgimento de novos atores e fenômenos que desafiam e evidenciam as limitações do Estado-nação como único sujeito no cenário internacional. Com as questões transnacionais decorrentes da globalização, esse formato tradicional está sendo revisado, uma vez que a globalização diminui as distâncias e aproxima as pessoas. Dessa forma, eventos locais têm repercussões em outras partes do mundo, intensificando as relações e gerando consequências socioambientais transfronteiriças. Como afirmado por Amaral Junior (2008, p. 23), “fatos distantes moldam eventos locais e são moldados por eles”.

À medida que as atividades econômicas, sociais e políticas transcendem cada vez mais as regiões e as fronteiras nacionais, isso representa um desafio direto para o princípio territorial da organização social e política moderna. Esse princípio pressupõe uma correspondência direta entre a sociedade, a economia e a organização política num território nacional exclusivo e delimitado por fronteiras. Mas a globalização rompe essa correspondência, na medida em que a atividade social, econômica e política já não pode ser entendida como tendo limites idênticos aos das fronteiras territoriais nacionais (HELD; MCGREW, 2001, p. 22)

Com a globalização as ações ocorridas dentro de um país podem e, muitas vezes, têm repercussões fora do seu território, emergindo assim a governança como instrumento capaz de conectar diversas nações em prol de um diálogo, como é o caso da proteção dos ecossistemas e outras questões de desenvolvimento socioambiental. Os autores associam esse cenário à “tragédia dos comuns”, termo cunhado em 1968 por Garrett Hardin ao se referir a uma situação em que a falta de cooperação entre ações individuais culmina numa situação desastrosa para o coletivo. Desse modo, por meio do emergir da globalização, a população do planeta

encontra-se conectada e interdependente, e, por mais que seja observada a desigualdade, todos dependem do poder, da decisão e de ações uns dos outros (KOŁODZIEJ, 2016, p. 1).

A globalização do século XXI é diferente daquela iniciada no século XIX, na qual os países divergiam e exploravam suas diferenças e potencialidades. Atualmente, a comunicação é rápida e barata, percebe-se a convergência e o surgimento de cadeias globais, interdependência econômica e problemas ambientais comuns a serem solucionados. O desenvolvimento precisa ser pensado além dos limites nacionais, uma vez que um problema que surge no país A pode encontrar sua resposta com uma estratégia utilizada para solucionar o problema do país B, assim como podemos ter um país C com problemas ocasionados por condutas do país D.

Beck (1999) argumenta que com a globalização, os Estados nacionais veem sua soberania, redes de comunicação, poder e orientações serem influenciados por atores transnacionais (BECK, 1999, p. 30). A sociedade global conectada traz novos desafios nas esferas política, econômica e social. As relações internacionais assumem uma nova dimensão com a globalização e uma descentralização do poder central, abrindo espaço para a participação de novos atores no cenário internacional, como empresas multinacionais, sindicatos, fundações, ONGs, movimentos sociais e governos subnacionais (TAVARES, 2014).

Diante desse contexto, o formato do Direito Internacional Clássico é atenuado com o surgimento da globalização e da governança global. Isso implica na necessidade de transformação das relações de poder. A Governança Global surge como um fenômeno capaz de redefinir a importância e o papel central dos Estados-nações como únicos atores no cenário internacional clássico, destacando a mudança do papel dos Estados e dos novos atores no avanço das agendas globais. Assim, a governança não é apenas um instrumento de um único governo, mas cada vez mais um elemento de conexão e alinhamento entre entidades, organizações governamentais e não governamentais, em níveis nacional, regional e global.

No início do século XXI, a construção da governança global tornou-se importante, sendo mencionada em documentos da ONU como fundamental nos processos de desenvolvimento econômico e social, e de solução de problemas comuns. Diante dos problemas comuns enfrentados por países, surge a ideia de um sistema democrático, de consenso, com instrumentos capazes de alcançar a concórdia e o progresso de agendas que beneficiarão toda a humanidade. Ou seja, a governança surge como facilitador do diálogo entre as diferentes nações, uma vez que existem problemas e soluções que são comuns à humanidade, dentre eles destacamos o meio ambiente, que sem sombra de dúvidas é uma agenda de interesse internacional e comum aos países.

Ao estudar o contexto do surgimento da expressão governança global, que ocorreu em 1980, segundo Gonçalves e Costa (2011), o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional passaram a utilizar a expressão boa governança como sinônimo de princípios que guiam e norteiam o seu trabalho e ações com os países-membros. Portanto, desde o princípio a governança já era vista como um instrumento de diálogo entre os países membros, desde que foi utilizada a expressão ainda no século XX.

Já nos anos 1990, com a evolução da dinâmica da governança, a ONU formou uma Comissão sobre Governança Global, originária de uma reunião realizada em 1991, na Suécia, com suporte no documento: Responsabilidade Comum nos Anos 90: a Proposta de Estocolmo sobre segurança e Governança Global (GONÇALVES; COSTA, 2011). Nesse contexto, a governança global foi sendo estabelecida em regulações que ao mesmo tempo abriam o debate aos novos atores internacionais e não diminuía o poder dos Estados, dando a ambos

possibilidades de decisão. Ainda nos anos 90, James Rosenau, conceitua governança global como:

um fenômeno mais amplo que governo, abrangendo as instituições governamentais, mas implicando também mecanismos informais de caráter governamental, que fazem com que as pessoas e as organizações dentro da sua área de atuação tenham uma conduta determinada, satisfazendo suas necessidades e respondendo às suas demandas. (2000, p.15- 16).

Na evolução do conceito de governança, tem-se a democracia como um instrumento capaz de produzir efeitos eficazes no diálogo entre os países, desde a visão do Banco Mundial até a participação além dos Estados, através de novos atores e agentes não estatais para o alcance de metas que promovam direitos humanos, a defesa do meio ambiente ou a valorização da democracia. Partindo desta premissa, o alargamento do conceito de governança traz o termo governança global que tem como fundamento a globalização, apesar de alguns autores considerá-lo impreciso (GIDDENS, 1999; PIERIK, 2003). Assim, desde os anos 1990 a globalização ganha expressividade no debate internacional.

Um conceito mais amplo de governança envolve, portanto, organizações não- governamentais (ONGs), movimentos civis, empresas multinacionais e mercados de capitais globais (COMISSÃO SOBRE GOVERNANÇA GLOBAL, 1996). Pode-se defini-la como meio e instrumento para gerir interesses comuns (que por vezes podem ser divergentes), sem adotar medidas coercitivas, unindo o Estado e setor privado para produzir resultados eficazes através da cooperação. Logo, é válido mencionar o conceito objetivo trazido pela Comissão sobre Governança Global, fundada pela Organização das Nações Unidas (ONU) logo no início da década de 1990:

Governança é a totalidade das maneiras pelas quais os indivíduos e as instituições, públicas e privadas, administram seus problemas comuns. É um processo contínuo pelo qual é possível acomodar interesses conflitantes e realizar ações cooperativas. Governança diz respeito não só a instituições e regimes formais autorizados a impor obediência, mas também a acordos informais que atendam aos interesses das pessoas instituições. [...] No plano global, a governança foi vista primeiramente como um conjunto de relações intergovernamentais, mas agora deve ser entendida de forma mais ampla, envolvendo organizações não governamentais (ONG), movimentos civis, empresas multinacionais e mercados de capital globais. Com estas interagem os meios de comunicação de massa, que exercem hoje enorme influência. (COMISSÃO SOBRE GOVERNANÇA GLOBAL, 1996, p. 2).

Para se idealizar um Direito Internacional Moderno, deve ocorrer o desprendimento do antigo cenário no qual cada país estava isolado. Assim, considera-se que com fenômenos tais como a globalização, o Estado-nação não adota conduta independente dos demais países de forma isolada. Na atualidade, através do surgimento da ideia do desenvolvimento sustentável e de padrões, como será abordado mais a frente neste trabalho, a cooperação dos países e de todos os seus atores, dialogando por intermédio da governança, é essencial. Então, mesmo a cooperação internacional e a ideia de interdependência já existindo antes do desenvolvimento sustentável se fortalecer, com a sua evolução, o princípio da cooperação se torna central. Observa-se nesse sentido as palavras de Reeb e Bruyneel (2010) sobre governança:

Envolve uma série de instituições formais e informais, grupos sociais, processos, interações e tradições que influenciam a forma como o poder é

exercido, como as decisões são tomadas, como os cidadãos são engajados ou excluídos e quem ganha legitimidade e influência no processo decisório (REED; BRUYNEEL, 2010, p. 647).

Portanto, no contexto tratado não se tem uma autoridade que centraliza e tem o poder decisório, e sim, são estabelecidas metas comuns, enquanto todos aqueles que compõem e se comprometem passam a adotar medidas para alcançar os objetivos, utilizando-se de meios formais e informais, com o apoio de organizações governamentais ou não governamentais através de uma atuação coordenada, que define a cooperação entre os atores. Assim, arrisca-se a afirmar que a globalização é um fato determinante para a redefinição do conceito e da prática da soberania em escala internacional.

Segundo Rosenau e Czempiel (1992) governança não é o mesmo que governo uma vez que seu mecanismo de atuação não acontece por intermédio de uma autoridade formal, mas para a implementação de metas comuns que podem ou não derivar de responsabilidades legais e formalmente prescritas e não dependem, necessariamente, do poder de polícia para que sejam aceitas e vençam resistências (ROSENAU e CZEMPIEL, 1992, p. 04).

As demandas complexas enfrentadas pelos países em desenvolvimento, como as mudanças climáticas, requerem não apenas cooperação técnica, mas também investimento dos países desenvolvidos. O diálogo entre os diversos atores envolvidos, como corporações, empresas, sociedade civil e governos locais, torna a distribuição de poder poliárquica, dando importância à opinião de todos (SABEL; ZEITLIN, 2010, p. 15). A necessidade de abordar questões que ultrapassam fronteiras exige pensar em conjunto, promovendo a cooperação e o enfrentamento de objetivos comuns.

Nesse sentido, a governança é a forma pela qual os problemas comuns podem ser abordados (GONÇALVES; COSTA, 2011). Ela representa as maneiras pelas quais o mundo se articula por meio da cooperação, com a participação e influência da sociedade, em processos que criam e gerenciam regulamentos (PINHO, 2017, p. 101). Tanto no Direito Internacional quanto em outras áreas do direito interno, observa-se cada vez mais a ênfase nas práticas dialógicas na resolução de conflitos, como a mediação. Internamente, há bons resultados na solução de casos por meio do diálogo, enquanto no âmbito internacional, é o cenário mais propício, especialmente quando há a oportunidade de ouvir e envolver novos atores, que são cruciais para o avanço das agendas globais.

Assim, o contexto de cooperação e interdependência, os Estados compartilham ações com outras instituições e governos subnacionais. Além da necessidade de apoio financeiro, eles também dependem economicamente de outros setores. Assim, a ciência desempenha um papel importante ao apontar caminhos e mecanismos que possam auxiliar os sistemas jurídicos nesse avanço da sociedade global, quando apenas as leis não são capazes de resolver conflitos transfronteiriços que envolvem diferentes participantes, cuja atuação é crucial. Com efeito, importante destacar que o papel do Estado, na governança, não deixa de existir. Apenas há uma alteração no seu formato, uma vez que temos a inclusão de novos sujeitos estabelecendo diferentes diálogos, no qual se destacam os estados subnacionais, que ganham espaço com uma governança descentralizada (REED e BRUYNEEL, 2010). Portanto, ela reconhece os outros sujeitos uma vez que para participar do processo não se exige capacidade jurídica internacional, e sim, objetivos e interesses comuns para que haja cooperação. Trabalha-se desse modo por intermédio do diálogo e do consenso.

A tecnologia e a comunicação em escala global, bem como as consequências das ações humanas sobre o meio ambiente, estabelecem demandas que devem ser trabalhadas por

intermédio da cooperação, como, por exemplo, as mudanças climáticas, que exige dos países coordenação, interdependência e relativização de sua soberania. Nas últimas décadas, as estruturas convencionais do Estado foram desafiadas pela natureza transfronteiriça dos problemas globais (ANDONOVA; MITCHELL, 2010). Eles têm “múltiplas causas interdependentes e precisam de formas coordenadas de organização social e instituições para sua resolução efetiva” (ANDONOVA; MITCHELL, 2010, p. 526).

Nesse contexto, entende-se que as soluções estatais não são a única forma de lidar com os problemas ambientais globais (BULKELEY; NEWELL, 2010), e que o papel de definir as ações não é mais exclusivo do Estado (ACUTO, 2013). Em vez disso, vários atores não-estatais agora se unem, influenciam e transformam a política nacional e internacional. Assim, o Direito Internacional clássico tal qual como posto, torna-se ineficiente diante deste cenário, uma vez que estamos diante de países soberanos que dificilmente aceitarão serem coagidos a agir de uma ou de outra maneira. Por isso, o poder coercitivo nesses casos não é tão eficaz como o da negociação internacional.

Segundo Ulrich Beyerlin e Thilo Marauhn (1999), a governança global também é caracterizada por novas formas de cooperação além da negociação intergovernamental tradicional do direito internacional à medida que atores não estatais se tornam cada vez mais parte do estabelecimento e da implementação de normas, de instituições e de mecanismos. Assim, a governança é um conceito amplo que abrange decisões e processos de formulação de políticas.

O Direito Internacional passa a expandir seus conceitos para admitir sujeitos não estatais. Por intermédio da comunicação em escala global, os impactos das ações humanas tornam-se conhecidos e compartilhados, criando questões que podem ser enfrentadas cooperativamente. O modelo jurídico coercitivo passa a perder espaço, mostrando-se ineficaz no cenário internacional e fazendo com que estes instrumentos com abordagem diferentes fossem utilizados.

Portanto, cada vez mais o conceito de sujeito do Direito Internacional urge ser ampliado (DIXON, 2013, p. 121) para incluir entidade individual, coletiva, governamental ou privada, legalmente reconhecida ou pragmaticamente aceita como capaz de assumir direitos e obrigações no âmbito internacional. Nesse novo contexto de interdependência, conforme as explicações supracitadas, os Estados compartilham o poder com outras instituições, tais como: corporações, governos locais, organizações da sociedade civil e indivíduos.

As demandas são complexas e os países em desenvolvimento, além de cooperação técnica, necessitam de investimento dos países desenvolvidos em prol do cumprimento e avanços de questões ambientais que são transfronteiriças, a exemplo das mudanças climáticas. O diálogo heterogêneo desses novos atores: corporações, empresas, sociedade civil e governos locais torna a distribuição de poder poliárquica, fazendo com que a opinião de todos importe (SABEL; ZEITLIN, 2010, p. 15). As questões que suplantam fronteiras conduzem a necessidade de se pensar em conjunto, fomentando a cooperação e o enfrentamento de objetivos comuns.

Como resposta, a governança é a totalidade das maneiras pelas quais os problemas em comum podem ser tratados (GONÇALVES; COSTA, 2011). A governança “representando maneiras como o mundo se articula através da cooperação, com a participação e a influência da sociedade, em processos que criam e gerenciam regulamentos” (PINHO, 2017, p. 101). Tanto sob a ótica do Direito Internacional como dos demais ramos do direito interno, nota-se cada vez mais o destaque para as práticas dialógicas na solução de conflitos, a exemplo da mediação. Internamente se apresentam bons números de casos solucionados por intermédio do diálogo, enquanto no âmbito internacional é o cenário mais propício, principalmente,

se sobrevir à oportunidade de oitiva e participação de novos atores, que, sem dúvidas, são cruciais no andamento de agendas globais.

Nesse contexto de cooperação e interdependência, os Estados repartem ações com outras instituições e governos subnacionais. Além de economicamente, em larga escala, necessitam do apoio financeiros dos outros setores. Dessa forma, a ciência tem o papel importante de apontar caminhos e mecanismos que possam auxiliar os ordenamentos jurídicos neste avanço da sociedade global, quando somente leis já não são capazes de solucionar os conflitos transfronteiriços, que demandam e trazem à mesa diferentes participantes, notadamente eles têm atuação crucial.

## 2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: AGENDA 2030

A sociedade nem sempre teve como prioridade a preservação do meio ambiente. Pelo contrário, o ser humano inicialmente destruiu grande parte dos recursos naturais antes de se preocupar com sua conservação. Ao longo da história, o homem interagiu com o meio ambiente em busca de subsistência e desenvolvimento. De acordo com Eli da Veiga (2010), “a combinação de recursos naturais com trabalho humano é o ponto de partida da economia de qualquer comunidade” (VEIGA, 2010, p.59).

A expansão da humanidade não levou em consideração as questões ambientais, tratando o meio ambiente como um recurso infinito e inesgotável. Segundo Porto-Gonçalves (2013), a crença era de que a natureza era uma fonte inesgotável de recursos e que sua exploração não teria efeitos nocivos. No entanto, com a publicação do relatório “Os Limites do Crescimento” pelo Clube de Roma em 1972, os efeitos negativos passaram a ser tema de debates em todo o mundo. O ponto culminante dessas discussões foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, que transformou a questão ambiental em um tema de relevância internacional.

Como resposta aos impactos ambientais negativos da industrialização e aos grandes desastres petrolíferos, surgiu o movimento ambientalista. Em 1972, a ONU convocou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, na qual se destacou o parágrafo 6º: “Defender e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras tornou-se uma meta fundamental para a humanidade.” Na ocasião, foram adotadas medidas para promover a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável:

- 1) A Declaração de Estocolmo;
- 2) O plano de Ação para o Meio Ambiente, reunindo um conjunto de 109 recomendações;
- 3) Uma resolução sobre os aspectos financeiros e organizacionais no âmbito da ONU;
- 4) A instituição do programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA), organismo especialmente dedicado aos problemas ambientais, com sede em Nairóbi, no Quênia.

Durante os anos 70, as questões relacionadas à preservação da natureza começaram a ser discutidas de forma mais intensa, inclusive no campo do Direito. Isso ocorreu devido ao

rápido crescimento da industrialização na segunda metade do século XX, que resultou em um uso desenfreado dos recursos naturais, revelando-se insustentável. A degradação do meio ambiente passou a ser reconhecida como um problema global. A população começou a ser afetada por esses problemas e se organizou em manifestações, exigindo o controle da poluição e a proteção da natureza. Movimentos ambientalistas surgiram, pressionando os líderes mundiais sobre as consequências do modelo econômico vigente e questionando os padrões de consumo e produção que impactavam diretamente o meio ambiente. Nesse contexto, em 1983, o Secretário-Geral da ONU convidou Harlem Brundtland, ex-Primeira Ministra da Noruega, para estabelecer e presidir a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

A Comissão Brundtland, também conhecida como Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), contribuiu para uma nova interpretação do desenvolvimento, apresentada no relatório “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland (1987). Esse relatório estabeleceu uma nova abordagem de desenvolvimento baseada em três dimensões fundamentais: econômica, ambiental e social. A expressão “desenvolvimento sustentável” tornou-se universal a partir da publicação desse relatório.

Com o avanço do conceito de “desenvolvimento sustentável” e a conscientização da população em relação ao cuidado com o meio ambiente, o Brasil e outros países se comprometeram a preservar e avançar em objetivos de desenvolvimento sustentável. A Declaração Final da Conferência Rio+20, intitulada “O Futuro que Queremos”, reconheceu a importância de estabelecer metas para promover uma ação global coerente e focada no desenvolvimento sustentável. Assim, foi iniciado um processo intergovernamental abrangente e transparente, aberto a todas as partes interessadas, para a definição de objetivos universais de desenvolvimento sustentável além de 2015. Essa orientação tem guiado as ações da comunidade internacional nos últimos três anos e deu início a um processo de consulta global para a construção desses objetivos.

No entanto, infelizmente, os resultados da Rio+20 não atenderam às expectativas. Os impasses entre os interesses dos países desenvolvidos e em desenvolvimento frustraram os esforços para alcançar um desenvolvimento sustentável global. O compromisso final adiou para os próximos anos, provavelmente até 2015, a definição de medidas práticas para proteger o meio ambiente. A crise econômica e financeira mundial iniciada em 2008, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, e a falta de progresso do governo brasileiro, que sediou a conferência, na redução do desmatamento da Amazônia, contribuíram para a falta de um contexto favorável para negociações e decisões mais práticas e ambiciosas.

Assim, o fato de a atual geração ter uma consciência voltada para as questões ambientais é um passo evolutivo significativo. Levou séculos para que os seres humanos percebessem a finitude dos recursos naturais e os efeitos negativos da degradação ambiental, incluindo os desastres ocorridos em todo o mundo e as mudanças climáticas enfrentadas pela população global.

Seguindo o acordo de 2012, os líderes mundiais e representantes de alto escalão se reuniram na sede das Nações Unidas, em Nova York, de 25 a 27 de setembro de 2015, durante a celebração do septuagésimo aniversário da organização, para decidir sobre os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Globais, conhecidos como ODS. Esses objetivos foram construídos com base nos resultados da Rio+20 e levam em consideração o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que consistiam em oito metas para combater a pobreza que o mundo se comprometeu a alcançar até 2015.

Com o objetivo de avançar nas metas dos ODM não alcançadas, os ODS buscam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e a injustiça, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, bem como enfrentar outros dos maiores desafios de nossos tempos. A nova agenda, denominada Agenda 2030, aprovada no evento ocorrido em 2015, contém 17 (dezessete) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas, ou seja, um documento amplo que representa verdadeiro desafio global vinculado à um plano de ação para as pessoas, o planeta e para a prosperidade. Os objetivos são mais amplos, e o caráter social permeia diversos objetivos, tais como saúde, educação, igualdade de gênero, água e saneamento básico, destacando a importância no alcance da liberdade e paz mundial.

O desafio é constante e abrange todo o mundo. Por isso, é essencial que haja mobilização por meio desta Agenda, pois os países precisam unir suas experiências, projetos e investimentos para avançar no cenário internacional. Os danos causados pelos desastres ambientais estão se tornando cada vez mais frequentes, exigindo que a população preste atenção e cuide da realidade cada vez mais evidente do agravamento dos problemas nessa área, que atingiram níveis críticos em várias partes do planeta. Por isso, tornou-se crucial que a população mundial repense o modelo de desenvolvimento econômico anteriormente adotado.

### **3. PARADIPLOMACIA: PAPEL DOS GOVERNOS SUBNACIONAIS NA IMPLEMENTAÇÃO DA AGENDA 2030**

O conceito de paradiplomacia ambiental é algo recente e, portanto, é importante esclarecer os conceitos de diplomacia e paradiplomacia que são abordados neste estudo. A diplomacia geralmente é entendida como a política externa de um país, envolvendo práticas de diplomatas profissionais. No entanto, há definições mais amplas que a veem como a condução pacífica das relações entre entidades políticas (JONSSON, 2002, p. 213). A diplomacia desempenha funções como representação, comunicação, troca de informações, negociação, proteção de interesses comerciais e jurídicos, promoção de relações econômicas, culturais e científicas, e formulação de políticas.

Nos últimos anos, tem havido um aumento no número e tipos de atores internacionais envolvidos na diplomacia. Além do aumento no número de Estados, novos tipos de atores, como organizações internacionais e atores não estatais, também estão participando das relações internacionais. A diplomacia multilateral se tornou uma característica do século XX, e os diplomatas estão cada vez mais formando coalizões com organizações internacionais fora dos fóruns multilaterais existentes. Esse envolvimento de atores não estatais está mudando o ambiente em que a política interna e internacional é formulada e implementada.

O conceito de paradiplomacia foi introduzido para descrever o envolvimento de governos subnacionais nas relações internacionais. Isso ocorre por meio do estabelecimento de vínculos formais e informais com entidades estrangeiras, públicas ou privadas, com o objetivo de promover o desenvolvimento em várias áreas. A paradiplomacia envolve governos subnacionais ou não centrais em assuntos internacionais, e pode ocorrer em nível nacional e/ou internacional, de forma independente ou em conjunto com o governo nacional, com o objetivo de resolver problemas globais (PANT; TEWARI, 2017).

Neste estudo, abordamos a descentralização do poder político e administrativo no Brasil, destacando o papel dos governos subnacionais como novos atores na arena

internacional. Esses governos regionais operam em um contexto internacional mais amplo e podem ser considerados atores internacionais. A paradiplomacia tem mostrado que os governos subnacionais estão cada vez mais envolvidos em ações internacionais. Por exemplo, regiões em países em desenvolvimento, como províncias na Argentina, têm estabelecido relações transfronteiriças com governos subnacionais em outros países para gerenciar questões como a movimentação de pessoas e mercadorias (IGLESIAS, 2008).

O caso argentino ilustra várias facetas do fenômeno da paradiplomacia por meio de suas províncias. Essas províncias têm ação externa e o governo federal incentiva o contato com outros atores subnacionais. Além disso, devido à condição do país como um destino de imigrantes, há uma intensa atividade dos diferentes níveis de governo e ONGs. O governo nacional também estimula a participação dos governadores em missões internacionais.

John Kincaid, um acadêmico americano, foi um dos precursores do conceito de paradiplomacia em 1990. Ele discutiu o papel da política externa para governos locais em um sistema federal democrático. A paradiplomacia econômica, especialmente relacionada ao comércio e investimento, tornou-se uma prática institucionalizada em todo o mundo. Isso ocorre em Estados federais como os Estados Unidos, Canadá e Bélgica, em Estados quase federais como a Espanha, em estados não federais como o Japão e até mesmo em Estados não democráticos como a República da China.

À medida que a economia mundial se torna cada vez mais global e integrada, as unidades subnacionais, como regiões, Estados, províncias e até mesmo cidades, encontram suas funções e atividades conectadas ao sistema global. O federalismo também pode contribuir para o crescimento da paradiplomacia, pois os atores subnacionais, como Estados e províncias, têm maior probabilidade de se envolver em atividades internacionais para promover e proteger interesses locais e internacionais.

É importante ressaltar que a paradiplomacia não representa uma ameaça à soberania, mas sim uma forma de combater a paralisia da política externa central. Não se pode mais considerar os Estados como os únicos interlocutores das negociações externas futuras, uma vez que a paradiplomacia e a governança climática ampliaram os atores envolvidos nessas negociações. Não se busca excluir o papel do Estado no tratamento das questões globais, mas sim direcionar o foco e ampliar a participação por meio de fenômenos como a paradiplomacia e a governança (REI, CUNHA e SETZER, 2013).

Nesta pesquisa, não se pretende ignorar os limites hierárquicos e constitucionais. Partindo da hipótese de que o estado do Piauí atua como um ente subnacional paradiplomático, é importante ressaltar que ele não é um sujeito internacional. No entanto, sua atuação no processo de governança global é relevante, especialmente no avanço da Agenda 2030 e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Embora não participe diretamente da criação de normas internacionais, o estado do Piauí desempenha um papel importante na articulação de valores e políticas públicas, estabelecendo relações com outros Estados ou governos subnacionais, mesmo que sua participação em redes globais ainda seja sutil.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as novas temáticas e desafios a serem enfrentados, que já não se limitam a esfera nacional, uma vez que seus reflexos vão além dos territórios, trazendo a necessidade de uma ação multifacetada em busca de soluções para problemas comuns, tomaram robustez as teorias de governança.

Assim, cada vez mais governança ambiental global pressupõe um processo contínuo de acomodação de interesses conflitantes, como do comércio e o meio ambiente, em busca de ações de cooperação, se estrutura na busca de objetivos compartilhados. Envolvendo uma ampla variedade de atores, como os estados, as organizações governamentais e as não governamentais, públicas ou privadas.

A agenda 2030 traz um desafio global alinhando o ambiental, o econômico e o social. Cada país tem um longo caminho pela frente, levando em consideração o curto prazo de 10 anos para o encerramento da agenda. O fenômeno paradiplomático reconhece que cidades, regiões, províncias, possam adotar ações internacionais que tenham diferentes acepções, como, por exemplo a econômica, a cultural ou para colocar a região como espelho de políticas públicas para outros países. Para êxito dessas ações, entende-se como crucial o reconhecimento dos elementos trabalhados no primeiro capítulo, como a governança, a soft law (própria agenda 2030), o direito ambiental internacional como ciência e as redes que permitem o diálogo entre os atores. Inclusive, a agenda reconhece a necessidade de se firmar parcerias e da cooperação descentralizada como instrumentos para avanço dos objetivos e das globais.

Pelo estudo depreende-se que os contextos locais e nacionais são de suma importância, e que essa proximidade com a população é capaz de extrair as reais necessidades. No Brasil nem sempre é possível ou eficaz adotar políticas públicas por intermédio do governo federal, ainda mais com todos os desafios de governança pública enfrentados no atual contexto brasileiro, que demonstra o reconhecimento da Agenda 2030 pela maioria dos Estados brasileiros, em detrimento do descrédito da agenda no nível federal.

Assim, a paradiplomacia não é passiva, pelo contrário, é de fato parte integrante do processo de globalização e contribui para maior integração no mercado global, sendo a expressão do paradigma de governança multinível. Trata-se de fonte fundamental de inovação na política externa, na medida em que incorpora e antecipa algumas das mudanças na concepção e na lógica de política externa dos Estados, com menor limitação das fronteiras entre o nível interno e externo, e o envolvimento de diferentes atores.

Tal fenômeno, portanto, implica uma abordagem com maior coerência e coordenação entre políticas internas e externas, bem como maior transparência e participação. Além disso, mostra que a ação externa será cada vez mais um processo multidimensional onde os atores públicos, privados e do terceiro setor devem engajar e combinar suas diferentes habilidades no contexto de parcerias de longo prazo. Redes de conhecimento envolvendo coordenação e cooperação entre governos, negócios, ONGs, academia, sindicatos tornam-se fundamentais para ação não apenas em termos de implementação, mas também em termos de concepção de políticas.

## REFERÊNCIAS

- ANDONOVA, Liliana B.; MITCHELL, Ronald B. **The rescaling of global environmental politics.** Annual Review of Environment and Resources, v. 35, n.1, p. 255-282, 2010.
- BECK, Ulrich. **O que é globalização? Equívocos do globalismo, respostas à globalização.** São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- BEL, Charles; ZEITLIN, Jonathan. (2012). **Experimentalist governance.** In: David Levi-Faur (Ed.); The Oxford Handbook of Governance. Oxford University Press. p.169-186.
- SORENSEN, Eva. (2012). **Governance and innovation in the public sector.** In: David Levi-Faur (Org.); The Oxford Handbook of Governance. Oxford University Press, 2012. p.215- 227.

- BETSILL, M. M.; BULKELEY, H. **Transnational Networks and Global Environmental Governance: the Cities for Climate Protection program**. *International Studies Quarterly*, 48, 471-493, 2004.
- BETSILL, Michele M; BULKELEY, Harriet. **Cities and the multilevel governance of global climate change**. *Global Governance*, v. 12 n.2, 141-159, 2006.
- BETSILL, Michele M; BULKELEY, Harriet. **Looking back and thinking ahead: a decade of cities and climate change research**. *Local Environment*, v. 12 n.5, 447-456, 2007.
- BRASIL. Constituição 1988. **Constituição Federal da República Federativa do Brasil**. Brasília: Assembleia Nacional Constituinte, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 08 abr. 2023.
- BULKELEY, H. **Reconfiguring environmental governance: towards a politics of scales and networks**. *Political Geography*, n. 24, p.875-902, 2005.
- BULKELEY, Harriet; NEWELL, Peter. **Governing climate change**. Oxon: Routledge, 2010.
- CAETANO, Marcelo. **Direito constitucional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, v. 2, 1987.
- CASTELLS, Manuel. **The power of identity**. Oxford, Blackwell Publishing, 1997.
- COMISSÃO SOBRE GOVERNANÇA GLOBAL. **Nossa Comunidade Global. Relatório da Comissão sobre Governança Global**. Rio de Janeiro: FGV, 1996.
- DIXON, Martin. **Textbook on International Law: Seventh Edition**. 7. ed. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- GONÇALVES, Alcindo; COSTA, José Augusto Fontoura. **Governança global e regimes internacionais**. São Paulo: Almedina, 2011.
- HOBBS, Thomas. **Leviathan**. Harmondsworth: Penguin Books, 1982.
- IGLESIAS, Eduardo. **Las provincias argentinas en el escenario internacional. Desafíos y obstáculos de un sistema federal**. Buenos Aires: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2008.
- JONSSON, Christe. **Diplomacy, bargaining and negotiation**. In: CARLSNAES, Walter; RISSE, Thomas; SIMMONS Beth A. (Orgs.), *Handbook of international relations*. London: Sage, 2002.
- KOŁODZIEJ, Edward A. **Governing Globalization: Challenges for Democracy and Global Society**. London; New York: Rowman & Littlefield International, 2016.
- NAÇÕES UNIDAS. **Pacto Global (institucional)**. 2015. Disponível em: <[https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg?gclid=Cj0KCQiAtqLBRC0ARIsAF4K3WGRBfOwM VDQ6eAjHpQ9jW59pBtNZNg-u255PWeUkpLEzIGseFzWruQaAnZiEALw\\_wcB](https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg?gclid=Cj0KCQiAtqLBRC0ARIsAF4K3WGRBfOwM VDQ6eAjHpQ9jW59pBtNZNg-u255PWeUkpLEzIGseFzWruQaAnZiEALw_wcB)>. Acesso em: 06 set. 2023.
- PANT, Harsh; TEWARI, Falguni. **Paradiplomacy and India: The growing role of states in foreign policy**. London: London School of Economics and Political Science, 2017. Disponível em: <<https://blogs.lse.ac.uk/southasia/2017/01/12/paradiplomacy-and-india-the-growing-role-of-states-in-foreign-policy/>>. Acesso em: 05 set. 2020.
- PERKIN, Emily; COURT, Julius. **Networks and Policy Processes in International Development: a literature review**. United Kingdom: Overseas Development Institute, 2005. Disponível em: <<https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/160.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2023.
- PINHO, Mariangela M. L.. **Paradiplomacia Ambiental e Econômica no regime internacional de mudanças climáticas: a iniciativa Regions Adapt**. Tese doutorado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Direito Ambiental Internacional da Universidade Católica de Santos. Santos, São Paulo, 2017.
- REED, Maureen G.; BRUYNEEL, Shannon. **Rescaling environmental governance, rethinking the state: A three-dimensional review**. Canadá: University of Saskatchewan, 2010.
- REED, Maureen G.; BRUYNEEL, Shannon. **Rescaling environmental governance, rethinking the state: A three-dimensional review**. *Progress in Human Geography*, n. 34, v.5, p. 646- 653, 2010. Di-

Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132509354836>>. Acesso em: 02 set. 2023.

REI, F.; GRANZIERA, M. **Direito Ambiental Internacional: novos olhares para a ciência do direito**. In: GRANZIERA, Maria Luiza Machado; REI, Fernando (Coord.). *Direito Ambiental Internacional: avanços e retrocessos 40 anos de conferências das Nações Unidas*. São Paulo: Atlas, 2015.

REI, Fernando; CUNHA, Kamyla; SETZER, Joana. **La paradiplomacia ambiental em la nueva gobernanza internacional**. *TIP - Trabajos de Investigación en Paradiplomacia*, v.1 n.2, p. 50-63, 2012.

REI, Fernando; SETZER, Joana; CUNHA, Kamyla. **A Rio+20 e o quadro institucional pelo desenvolvimento sustentável: o papel dos governos subnacionais na governança ambiental global**. *Brazilian Journal of International Law*, v. 9, n. 3, 2012.

REI, Fernando; GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Global Environmental Issues: Law And Science**. Santos: Leopoldianum, 2017.

ROSENAU, James N; CZEMPIEL, Ernst-Otto. **Governance without Government: Order and Change in World Politics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

ROSENAU, James N. **Governança, ordem e transformação na política mundial**. In ROSENAU, James N.; CZEMPIEL, Ernst-Otto (org). *Governança sem governo: ordem e transformação na política mundial*. Tradução: Sergio Buth. Brasília: UNB. 1999.

SOLDATOS, Panayotis. **An Explanatory Framework for the Study of Federated States as Foreign-policy Actors**. In: MICHELMAAN, H. J.; SOLDATOS, P. (orgs.), *Federalism and International Relations: the role of subnational units*. Nova York: Oxford University Press, 1990. P.35.

ULRICH, Beyerlin; MARAUHN, Thilo. **International Environmental Law**, London: Hart- Beck, 2011.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS: OS MUNICÍPIOS A PARTIR DA REESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GOVERNANÇA GLOBAL AMBIENTAL

LEONARDO BERNARDES GUIMARÃES\*

GABRIELA SOLDANO GARCEZ\*\*

ANGELA LIMONGI ALVARENGA ALVES\*\*\*

## RESUMO

O presente artigo tem por objetivo analisar e explorar a participação de Municípios de pequeno e médio porte em face dos desafios apresentados pelas mudanças climáticas, em especial em seus pontos afetos à transgeracionalidade, sustentabilidade e responsabilidade comum, porém diferenciada na construção da governança para adaptabilidade. A partir da aceção de que o desenvolvimento e capacidade pretérita de resiliência podem afetar a percepção pelo indivíduo das ocorrências e suas consequências, busca-se a ferramenta da Governança como meio para concretizar a participação destas comunidades. Compreende o presente estudo a análise pelo exploratória e qualitativa, pela pesquisa bibliográfica e documental, em especial do documento “*A Breakthrough for People and Planet*” e o anseio da Organização das Nações Unidas pela reestruturação da ferramenta de Governança Global que tem por ponto de partida a reformulação da participação pelo multilateralismo e assumpção do efeito positivo do trinômio legitimidade/participação/responsabilidade, entendendo-se a necessidade de troca de conhecimento, mudança de comportamento e atuação orientada ao futuro como determinantes para ampliação da participação de Municípios e seus atores locais por meio.

## PALAVRAS-CHAVE

Mudanças Climáticas. Governança Global. Multilateralismo. Municípios. Atores Locais.

## ABSTRACT

This article aims to analyze and explore the participation of small and medium-sized Municipalities in the face of the challenges presented by climate change, especially in its aspects related to transgenerationality, sus-

\* Doutorando em Direito Ambiental Internacional pela Universidade Católica de Santos. Mestre em Direito Ambiental pela mesma instituição. Bolsista CAPES. Pesquisador Discente no Grupo de Pesquisa de Governança Global e Regimes Internacionais.

\*\* Professora permanente do programa de pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) da Unisantos. Pós Doutora pela universidade Santiago de Compostela/Espanha e pela universidade de Coimbra/Portugal. Vice coordenadora do Grupo de Pesquisa Direitos Humanos e Vulnerabilidades. Vice coordenadora da Cátedra Sérgio Vieira de Melo, cadastrada junto a Unisantos. Advogada e pedagoga.

\*\*\* Doutora e Pós-doutora em Direito pela Universidade de São Paulo; Visiting Research na School of Government and International Affairs na Universidade de Durham, Reino Unido. Estágio de pesquisa junto ao Global Policy Institute. Professora Doutora do Departamento de Direito do Estado da Faculdade de Direito da USP e Professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Católica de Santos. Membro da Cátedra UNESCO de Direito à Educação da Universidade de São Paulo; Coordenadora do NuPRE/USP - Núcleo de Pesquisa e (Re)Teoria do Estado da Faculdade de Direito da USP.

tainability and common responsibility, but differentiated in the construction of governance for adaptability. Based on the understanding that the development and past capacity of resilience can affect the individual's perception of events and their consequences, the Governance tool is sought as a means to achieve the participation of these communities. This study comprises exploratory and qualitative analysis, bibliographical and documentary research, especially the document "A Breakthrough for People and Planet" and the desire of the United Nations for the restructuring of the Global Governance tool that has as its starting point the reformulation of participation through multilateralism and the assumption of the positive effect of the trinomial legitimacy/participation/responsibility, understanding the need for knowledge exchange, behavior change and future-oriented action as determinants for expanding the participation of Municipalities and their local actors through quite.

## KEYWORDS

Climate Change. Global Governance. Multilateralism. Counties. Local Actors.

## INTRODUÇÃO

**A**s Mudanças Climáticas apresentam desafios em escala global que demandam soluções transdisciplinares e uma mudança de comportamento em todos os níveis. Partindo-se de uma análise bibliográfica e documental, por meio exploratório e por intermédio da análise de conceitos do Direito Internacional Ambiental, analisar-se-á a ferramenta da Governança a partir de sua concepção e atual reestruturação pelo Alto Conselho Consultivo sobre Multilateralismo Eficaz.

Dentro desta perspectiva, recortar-se-á dentre as mudanças pretendidas aquelas afetas diretamente ao objeto da tripla crise, em especial no que concerne a crise climática. As mudanças escolhidas apresentam a possibilidade de análise para a continuidade e consecução dos objetivos do desenvolvimento sustentável, em especial na mudança comportamental de consumo e produção, permissivo de participação de novos atores com sua respectiva responsabilização e necessidade de transição energética, controle da poluição e acessibilidade a fontes de água potável.

Ao final analisa-se o papel de Municípios e de seus atores locais, em especial daqueles de pequeno e médio porte, neste novo cenário de ampliação da participação, bem como pela necessidade de troca de experiências e de ação antecipada para adaptação, ganho de resiliência e enfrentamento das consequências.

## 1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS, COLAPSO OU AVANÇO

Dentro da construção do Direito, o desafio das mudanças climáticas importa na assumpção de que a ferramenta coercitiva da Lei é insuficiente singularmente considerada para a solução dos conflitos homem ambiente do ponto de vista que a Justiça Ambiental deve necessariamente evoluir para uma Justiça Climática se utilizando de ferramentas mais amplas que legislações e sua aplicação a determinadas localidades ou casos concretos e pontuais, haja vista que o segundo conceito trata necessariamente das vulnerabilidades entre Estados e que refletem em certo grau as vulnerabilidades de seus nacionais (Milanez; Fonseca, 2010, P. 95).

Neste contexto, após a edição da Resolução pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas de 28 de julho de 2022 - A/RES/76/300, temos o Direito ao meio ambiente limpo, saudável e sustentável elevado e reconhecido como um Direito Humano e que foi interpretado em sua tripla dimensão de caráter social, ambiental e econômico, no qual os Estados, por meio dos instrumentos internacionalmente reconhecidos deverão respeitar, proteger e promover (ONU, 2022).

Neste cenário, Estados, organizações internacionais, empresas e outras partes interessadas são chamadas a adotarem políticas, a reforçarem a cooperação internacional, reforçar a capacitação e continuar a partilhar boas práticas, a fim de ampliar esforços para garantir um meio ambiente limpo, saudável e sustentável para todos (Idem, 2022).

As mudanças climáticas como parte da tripla crise, na qual também se encontram os problemas da perda de biodiversidade e poluição demandam uma mudança de abordagem e enfrentamento de paradigmas existentes em todas as Ciências, em especial para uma evolução transdisciplinar e que reúna conhecimento científicos, tácitos e práticos (Fontana; Moreira; Neumann; Lucertini; Maragno E Di Giulio, 2021, P. 144) das áreas biológicas, do mar e da terra às ciências e bases fundamentais da sociedade.

A natureza difusa das mudanças climáticas, sua percepção, dependência do grau de desenvolvimento econômico e resiliência encontrados quando do estudo de seu referencial torna a sensação às eventuais consequências a se manifestarem de forma e em escala de tempo diversa entre os inúmeros agentes globais e seus integrantes (Weiss, 2008, P. 621).

Por decorrência da interdependência econômica entre desenvolvidos e não desenvolvidos, as percepções e consequências ainda que de forma tardia serão sentidas também por aqueles que possuem mais recursos e maior grau de resiliência (Ibidem, 2008). As populações naturalmente sofrerão uma queda em seu grau de bem-estar e acesso a bens materiais (Idem, 2008, P. 622), sendo um resultado não pretendido do ponto de vista individual apresentando-se assim resistência aos necessários ajustes.

As eventuais ocorrências serão sentidas em comunidades ou aglomerados menos favorecidos economicamente ou mesmo naqueles que possuírem recursos, em especial dentre aqueles que não realizarem os efetivos dispêndios para as adaptações necessárias. Desta forma, é possível que as menores unidades administrativas apresentem uma tendência a absorverem os maiores impactos.

A preocupação para com a necessidade de modificação na acepção e enfrentamento surge desde a identificação do problema do aquecimento global, que apesar de natural, sofre com a ação humana e inação quanto ao seu enfrentamento (Khan, 2017, p.92).

A mudança nas diretrizes deste enfrentamento passa necessariamente pelo entendimento sobre Bens Públicos, Bens Comuns e Bens Comuns Globais que independentemente da conceituação e abrangência de cada termo, devem ser aqueles em tese igualmente acessíveis a todos (UNESCO, 2022).

Neste contexto, ao serem virtualmente acessíveis a todos, surge o problema da superexploração, realizada para além do bem-estar da sociedade e em busca de ganho individual sobre bens comuns de natureza difusa, o qual apresenta um efeito em cascata em razão da apresentação de soluções técnicas que não são capazes de enfrentar o impacto de igual natureza difusa, havendo assim a necessidade de mudança do comportamento dos envolvidos em busca de avanços na ética e moral (Hardin, 1968. P. 1244).

Desta forma, as consequências difusas como no caso das mudanças climáticas geram danos a todos, incluindo aqueles que aparentam ganhos com a exploração (Weiss, 2008, P.

616), pois como dito, suas consequências encontram-se dilatadas no tempo e perceptíveis de acordo com a escala de desenvolvimento em seus níveis nacionais, regionais ou locais (Milanez; Fonseca, 2010, P. 96).

Dentre as ferramentas de solução, a que inclui ou não a capacidade coercitiva da Lei é a Governança, aqui considerada em sua modalidade Global, pois entendida como a totalidade das diversas maneiras como meio e processo capaz de produzir resultados eficazes com ou sem a participação Estatal, de forma coercitiva ou não, prevendo a participação de atores não estatais na formulação do consenso e busca por resultados concretos (Gonçalves, 2014).

Do ponto de vista do problema enfrentado, a Governança se apresenta como ferramenta elegível ao planejamento e ação para adaptação de Governos e da Sociedade Civil de forma multinível (Gomes e Calhau, 2022, P.179), de maneira a enfrentar o isolacionismo e combater às consequências decorrentes da aceleração pela ação antrópica, sentidas ou não, das catástrofes que estão ocorrendo ou que acontecerão no futuro.

Ao entendermos que o Direito é meio aplicado à solução de controvérsias ou de problemas decorrentes de conflitos de inúmeras naturezas, passamos a buscar dentre os mecanismos de soluções litigiosas ou não, ferramentas como a da Governança e que dentro deste panorama, apresenta em seu bojo a busca pelo consenso e por consequência a tomada de decisões e ações em busca de resultados concretos de forma a responsabilizar pela participação o ator que pretende se envolver.

Temos assim uma importante ferramenta colocada à disposição para a busca pela solução de problemas ambientais, sejam locais, regionais ou globais e meios para se partilhar experiências, conhecimentos e ações concretas com resultados positivos mensuráveis.

Mais especificamente pensada, a Governança Global aplicada ao Direito tratará de estabelecer regras e normas para a participação de atores, ainda que não com formalização institucional estrita, reconhecendo sua participação na discussão e formulação das soluções relativas à temática climática, buscando-se efeitos distributivos, consentimento entre os envolvidos e implementação doméstica efetiva (Gonçalves apud Finkelstein, 2014).

Contudo, sua formulação originária e que determina o conceito apresentado de Governança surge a partir de comissão pertencente ao Banco Mundial e que remonta à década de 1990 encontrando-se de sobremaneira saturada frente aos desafios e anseios decorrentes das questões climáticas. Assim como as ciências em seus variados escopos demandam adaptação, também demanda a ferramenta em questão (ABC, 2021).

Neste contexto, a forma pensada anteriormente encontrou limitações e teve de ser repensada, exigindo a adaptação da abrangência de seu conceito a partir da análise dos principais pontos ambientais e de sua característica como bem comum global (Alam, 2022, p.10). A estruturação de seus instrumentos e da postura de seus atores surge como decorrência lógica para então se tornar novamente eficiente para dar continuidade a sua utilização como ferramenta contributiva contra o colapso climático

Não mais apenas se vislumbra a implementação doméstica efetiva a partir do cenário Global, mas eleva-se a participação de atores anteriormente relegados ao plano interno ao âmbito internacional, entendendo-se, portanto, como uma nova forma de pensar a Governança Global, focada no multilateralismo e na responsabilidade, nas pessoas e no planeta, orientada ao futuro por meio de ações antecipadas (HLAB, 2023, P.10) tendo como um de seus objetivos a adaptação e combate aos efeitos das Mudanças Climáticas.

## 2. UM AVANÇO PARA AS PESSOAS E O PLANETA

As mudanças de ordem climática e a ampliação de conflitos de escala global se encontram em paralelo com os anseios da Organização das Nações Unidas por um futuro em que para além de Estados, as organizações públicas e privadas, os membros da sociedade civil e ativistas possam ingressar e atuar nas tratativas e soluções de conflitos nos mais diversos cenários e temas, sejam esses oriundos dos desafios das mudanças climáticas, sejam oriundos de outras pautas como a recuperação do multilateralismo, sustentabilidade financeira e segurança global.

O documento intitulado: “*A Breakthrough for People and Planet*”, emanado do Conselho Consultivo de Alto Nível sobre Multilateralismo Eficaz entende que o caminho que percorremos atualmente está fadado ao fracasso e apresenta como forma de reação seis mudanças transformadoras (avanços) para que se alcance efetividade nas ações coordenadas e de cooperação internacional em busca de um futuro mais seguro e sustentável (HLAB, 2023).

As mudanças encartadas apresentam a (re)construção das ferramentas de governança global, buscando a participação da sociedade civil por meio do chamado multilateralismo eficaz, na qual se incluem entes subnacionais e a iniciativa privada. A efetividade da medida passa necessariamente pelo trinômio legitimidade/participação/responsabilidade (Idem, 2023).

Dentre as mudanças almeçadas, de forma mais específica, as de número 1 (*Rebuild trust in multilateralism through inclusion and accountability*), de número 2 (*Planet and People*) e de número 6 (*Anticipatory Action*) se fazem mais presentes e mais passíveis de integração por entidades subnacionais no que tange a temática das mudanças climáticas, sendo passível de exemplo a participação de municípios e seus atores locais de forma a os legitimar e por consequência os responsabilizar.

Tais mudanças elencadas e abordadas de forma específica no documento são produto de discussões pretéritas e da inação decorrente de um sistema burocrático e formal que trouxe pouco ou quase nenhum avanço em relação aos objetivos de combate às mudanças climáticas e que são decorrência da preocupação e necessidade de ação surgida na II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como Rio-92 ou Cúpula da Terra e encontros posteriores.

Apesar dos avanços surgidos e pelos compromissos formados a partir do Painel Intergovernamental da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e que estabeleceram o mais recente princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, verifica-se em paralelo a necessidade de reforma do sistema de governança, tendo em vista que a não capilarização ou a capilarização dos esforços acontece de forma lenta e com pouca penetração quando observadas do ponto de vista local, impedindo-se assim que as mudanças sejam levadas do abstrato ao concreto.

Apresenta-se assim o reconhecimento da omissão e a necessidade de novas abordagens e maneiras menos burocráticas de solução de conflitos de maneira a incluir e legitimar os atores para que a participação seja realizada e a aceitação ou solução sejam alcançadas de maneira a terem a correspondência entre a legitimidade entregue ao ator participante e a consequência lógica de apresentarem resultado.

Inicialmente pelo primeiro avanço pretendido, temos que o reforço ao multilateralismo consiste na via de mão dupla pretendida de legitimidade e responsabilidade, consistindo em uma abordagem centrada em pessoas com representatividade de forma transparente e equitativa em forma de rede com possibilidade de aporte de recursos financeiros em todas as vias de maneira flexível, responsável e orientada ao futuro.

Verifica-se que a nova base das interações globais se encontra direcionada a permitir o surgimento dos corpos participativos necessários a ampliação e multiplicação das ações contra as mudanças climáticas, bem como reflete o princípio das responsabilidades comuns porém diferenciadas pela maneira equitativa de sua abordagem e estabelece que para além da responsabilização, esta direcionasse ao futuro e em consonância com a responsabilidade intergeracional e sustentabilidades moldada a partir dos estudos sobre o relatório Nosso Futuro Comum (Brundtland et al, 1991, p.49)

Em seu segundo avanço o ponto da preocupação é para com as pessoas e o planeta e aborda a tripla crise, realizando uma chamada a mudanças de forma ambiciosa e que em sua quarta recomendação apresenta a necessidade de se elevar o meio ambiente em conjunto com as questões multilaterais da nova governança global, também apontando a necessidade de distribuição equitativa e que permita a criação de um sistema de responsabilidades que modifique o comportamento em escala global tendo a mudança da matriz energética como ponto de partida, partindo-se então a outros temas e às especificidades dos Estados e de suas localidades (HLAB, 2023, p.24)

No sexto avanço teremos as ações antecipatórias focadas nas mudanças climáticas, riscos biológicos e segurança em nível global, todas em busca da paz e de consagração do modelo multilateral inclusivo proposto na mudança de número 1. Dentre as recomendações, a primeira já é capaz de apresentar a necessidade de absorção máxima de conhecimento empírico, independentemente do poderio militar ou da própria capacidade de enfrentamento (Idem, 2023, p.55)

A necessidade de se abordar o problema de maneira multilateral e inclusiva se faz pelas exatas razões de segurança global decorrentes do não enfrentamento ou do enfrentamento tardio e lento frente as mudanças concretas na realidade decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas. Ao entender que as variáveis podem apresentar maior ou menor grau de mudança em face de diversos cenários e com impactos sentidos de maneira diferente entre os Estados e seus nacionais, verifica-se a necessidade de apoio e entendimento pela ótica de diversos atores ainda que de forma empírica.

Dá-se então a sinergia entre as ações voltadas ao futuro, ações antecipatórias e inclusão de atores e entidades subnacionais na formulação das soluções ambientais necessárias para enfrentamento dos desafios difusos, da iniquidade e da necessidade de troca de conhecimento sobre práticas e formas de financiamento de maneira a enfrentar um problema sistêmico transnacional e intergeracional de forma igualmente sistêmica.

Isto porque, as ações antecipatórias pretendidas se encontram diretamente ligadas aos anseios para com as demandas ambientais e tratam exatamente de prevenção de riscos transnacionais, de mudanças afetas a sustentabilidade e a necessidade de restabelecer equilíbrio com a natureza, havendo assim a possibilidade de expansão em rede de ações concretas com resultados positivos mensuráveis.

A forma específica estabelecida pelo documento trata da transição energética para aquela mais limpa e acessível a todos (Idem, 2023, p. 24). Contudo, a leitura do documento nos demonstra que as preocupações estão para além de um único ponto e tem por plano de fundo o aumento da temperatura do planeta e os efeitos catastróficos que serão vivenciados em caso de aumento para além de um determinado patamar naquilo que se denomina como crise tripla.

Os avanços pretendidos e que já se encontram como anseio para antes da própria edição do documento encontram respaldo e demonstram possibilidades de ampliação da participa-

ção das Redes Transnacionais de Cidades que são postas para além das estruturas clássicas existentes no Direito Internacional, pois não se busca a inserção ou participação apenas ou monitoramento de suas ações e colheita de resultados, esperando-se que as ações sejam realizadas de forma antecipada com resultados mensuráveis e em uma direção específica (HLAB, 2023).

Para além do observado acima, a criação de novas redes de entes subnacionais e sua possível integração ou elevação a ator internacional se demonstra viável do ponto de vista da lógica implementada desde a orientação voltada ao multilateralismo e às pessoas como pela própria elevação da sociedade civil organizada ao patamar de agente modificador da realidade climática global.

Dentro da perspectiva das soluções por meio da cooperação e a busca pela efetiva Governança em nível Global, há a possibilidade de realização por retroalimentação em forma de Rede pela ação antecipada e multiplicação ou exponenciação, sendo possível a participação direta por meio de rede, redes ou rede formada por redes.

Neste cenário, a atuação pontual e focal vai ao encontro com a efetiva capacidade transformadora de Municípios em suas realidades locais e que são mais perceptíveis pelo indivíduo em seu cotidiano. Desta forma, a oportunidade lançada denota a possibilidade de inserção das municipalidades e seus atores locais seja por meio de redes, seja pela atuação direta ou inserção em conjunto com seus atores locais no cenário internacional de enfrentamento e adaptação às mudanças climáticas.

### **3. OS MUNICÍPIOS E SEUS ATORES NA RECONSTRUÇÃO DA GOVERNANÇA GLOBAL**

Os municípios constituem a menor unidade do ponto de vista administrativo, sendo parte integrante da Federação e possuindo autonomia fiscal, capacidade programática e operacional em políticas públicas habitacionais, de uso e parcelamento do solo e de direção das atividades econômicas em seu território, bem como detém o Poder de Polícia Ambiental para todos os fins nos limites territoriais (Brasil, 1988)

O exercício destas competências imprime aos Municípios a gestão e resposta direta e imediata a qualquer crise de natureza civil que possa surgir de desastres ambientais pontuais ou mesmo de desastres oriundos das mudanças climáticas, independentemente do auxílio de seu respectivo Estado ou da União Federal em suas competências constitucionais e infralegais. (Brasil, 2012).

O Município é o primeiro a atender e aquele a nunca se retirar, tendo em vista que os danos se irradiam para seus administrados de forma imediata e perene, bem como exerce o papel de principal fomentador do desenvolvimento econômico e social em âmbito local (Mendonça; Holanda, 2016, p.208).

Em razão da sua importância no presente pacto federativo, sua participação, inicialmente, dentro deste cenário Global deverá ser observada a partir do novo paradigma de Reconstrução da Governança e surge pela necessidade primária de consecução dos objetivos do desenvolvimento sustentável, mas é determinada pela possibilidade de resposta às necessidades de adaptabilidade que serão vivenciadas, tendo em vista que são os locais onde as mudanças ocorrem (Espíndola; Ribeiro, 2020, p. 376)

Os três avanços apresentados na nova construção da Governança Global demonstrados pelo documento analisado fornecem a interação entre a reconstrução do multilateralismo e a ampliação da sustentabilidade em cidades e comunidades, bem como sinaliza a necessidade de equidade, de paz, justiça e fortalecimento das instituições, as quais constituem objetivos inicialmente programáticos, mas que devem apresentar resultados concretos (HLAB, 2023)

A sinergia que se apresenta decorre do fato de que a Governança ao estabelecer, seja do ponto de vista das leis internacionais, seja do ponto de vista das ferramentas que a operacionaliza como reconstrutora da participação de novos atores ou de sua ampliação permite às cidades serem observadas como ponto em que efetivamente as políticas públicas serão implementadas e mensuradas (Barbi; Rei, 2021), modificando sua participação para além de destinatário final, elevando-as protagonista (Raukena, Mydskeb, Winsvoldc, 2015).

Em relação aos avanços específicos relativos ao planeta e as pessoas contidas no explorado documento, teremos a conexão por meio da transição para utilização de energias limpas, ampliação do saneamento, disponibilidade de água potável, consumo e produção responsáveis.

Novamente encontramos o protagonismo dos Municípios, pois a exceção da matéria energética e de distribuição de água potável que em sua cadeia possui participação estratégica da União e dos Estados em maior grau, estamos tratando de políticas públicas de entrega de bens, serviços essenciais e de controle da atividade local de comércio ou da instalação de indústrias em que seu poder decisório é permissivo, condicionante ou proibitivo a depender da escala do projeto e de seus impactos, apresentando maior desempenho político local frente a forças externas (Brasil, 1988).

Contudo, a ótica por meio da atuação Municipal passa necessariamente por entender que no caso do Brasil, sua estrutura é formatada a prever sua inserção em aglomerados urbanos conurbados ou que por razões políticas o incluam em uma mesma zona metropolitana. As Zonas metropolitanas constituem, inclusive a ampliação das políticas municipais naturais em razão da necessidade de interligação que superam os limites político territoriais e passam a fazer parte do próprio meio a ser desenvolvido.

Observa-se com a estrutura vigente que os Municípios integram naturalmente uma rede de iguais que buscam para além das barreiras institucionais integrar-se em âmbito local/regional de forma a propiciar ambiente a consecução de políticas públicas setoriais e que necessitam de continuidade territorial. A adaptabilidade e a atuação possuem necessariamente como etapa a atuação das Agências Metropolitanas como representantes desses “consórcios” municipais.

Neste panorama, Municípios e suas Agências Metropolitanas em sendo protagonistas poderão se organizar por meio de suas respectivas administrações para ingressar na discussão e participação em nível internacional para a resolução do conflito climático. Atualmente em sede de Rede Transnacional apresentamos como exemplo da C40 que tem 96 cidades membro.

A diferença que se vislumbra a partir do novo paradigma reestruturante passa necessariamente pela ampliação da participação, pois verificamos que os componentes da respectiva rede são de cidades de grande porte, considerável extensão territorial e de ações igualmente grandiosas em que, inclusive, participam players economicamente dominantes como gigantes da tecnologia da informação e do varejo global (C40, 2022, p.13-14).

O exemplo dado acima representa a antiga e já conhecida configuração na qual entes com grande protagonismo econômico e de influência se organizam por meio da Rede Transnacional para consecução de seus objetivos comuns de redução das emissões de carbono e

de outras práticas adaptativas as quais inclusive já se encontram em maior grau de integração com os objetivos do desenvolvimento sustentável e já apresentam conjunto de práticas para parte do cumprimento do acordo de Paris.

Contudo com uma possível diferente abordagem, os Municípios de pequeno e médio porte, sejam de forma direta, por meio de parcerias ou mesmo por meio de suas respectivas unidades metropolitanas não necessariamente precisarão integrar uma rede transnacional, podendo se valer de sua estrutura subnacional para buscar a participação direta.

A própria natureza das Mudanças Climáticas imprime a necessidade de capilaridade das políticas públicas correlatas e não pode ficar refém da participação exclusiva de entes municipais desenvolvidos, sob pena de redução de sua própria capacidade de resposta e adaptação às mudanças aceleradas que sofrerão ainda mais aceleração pela retroalimentação da reação em cadeia.

Importante ferramenta que deve ser aplicada e que já existe tanto no documento abordado como prática realizada pelo citado exemplo da C40 e referenciada em seu relatório anual de 2022 (Idem, 2022, p.5) é a troca de experiências e de práticas que possuam impactos positivos e permitam a mensuração dos resultados, pois inclusive necessários a participação e construção do consenso em âmbito internacional em decorrência da necessidade de aplicação do trinômio legitimidade/participação/responsabilidade determinado pela proposta de avanço de número 1.

Neste ponto surge outra oportunidade de participação e atuação que se fará pela participação para além do Poder Público Municipal que deverá agregar a própria sociedade civil organizada e empresas constituídas nesses municípios em suas eventuais parcerias ou redes subnacionais. Ao passo que o Estado por meio deste ente organiza, os agentes econômicos privados aceitam e executam as adaptações necessárias para além das políticas públicas que dependam exclusivamente do poder decisório e intervenção Estatal direta.

Nesta toada outra preocupação passa necessariamente pela abordagem adotada e apresenta melhora, pois a mudança não é apenas técnica ou de técnica e resolve a evolução moral e ética necessária a mudança de comportamento pretendida. Sem coincidências um dos objetivos do desenvolvimento sustentável é exatamente a mudança de hábitos de consumo e produção.

A lógica passa por considerar que a soma de todas as atividades constitui impacto positivo que pode superar os alcançados pelos grandes centros como aqueles já referenciados no exemplo dado da C40. A voz pelo consenso e participação desses atores integram para além do Poder Público a execução da Governança em seu conceito mais amplo e permite a mudança geral de comportamento e que é necessária para além da técnica e das tecnologias (Hardin, 1968).

A produção de conhecimento e práticas já alcançada por estes grandes players como exemplificado pela C40 determinam ponto inicial de aprendizagem para esses Município menores e permitem a antecipação da ação, partindo-se de um ponto já avançado e balizando a implementação das práticas de maneira imediata ou mediata a partir da análise de sua complexidade e da viabilidade de sua execução.

Ao final, também se vislumbra a possibilidade destes municípios e suas eventuais redes subnacionais integrarem outras redes e destas surgirem oportunidades para que em tamanho possam participar das discussões e oportunidades que internacionalmente possam surgir e vir a serem passíveis de implementação em seus respectivos territórios e de acordo com suas necessidades de adaptação.

## CONCLUSÃO

As Mudanças climáticas imprimiram a necessidade de adaptação, sendo de caráter urgente para a manutenção da sadia qualidade de vida em nível Global. Alçadas ao patamar de Direito Humano há um chamamento aos Estados e seus Nacionais ao respeito, proteção e promoção de seus objetivos de sustentabilidade, consideradas em seu tríplice acepção econômica, ambiental e social.

Como ferramenta adaptativa podemos eleger a Governança e sua característica Global como forma de participação, legitimação e responsabilização dos atores que vierem a compor o campo do consenso e da participação no processo decisório das políticas que serão adotadas e implementadas.

A demanda de sustentabilidade e equidade intergeracional sem precedentes apresentam como fórmula a responsabilização comum, porém diferenciada e faz surgir a necessidade de mudança de comportamento em todos os níveis, sendo base para a reestruturação da ferramenta da Governança a nível Global e permissiva ao devido trato para com os bens comuns ao exemplo do Meio Ambiente.

A partir da proposta de sua reconstrução elaborada pelo Conselho Consultivo de Alto Nível sobre Multilateralismo Eficaz temos seis mudanças pretendidas, sendo entre estas, a de número 1, 2 e 6 voltadas a abordagem da crise climática e surgem a partir da própria reconstrução da Governança pela legitimação, participação e responsabilização, tendo como forma a atuação orientada ao futuro por meio de ações antecipatórias e que tem por um de seus objetos o enfrentamento da tripla crise.

Os impactos decorrentes das Mudanças Climáticas serão sentidos de forma diferenciada no espaço e tempo entre os diversos atores Globais em razão de seu desenvolvimento econômico e sua já conquistada resiliência. Os Municípios como menores unidades administrativas apresentam a tendência a sofrerem maiores impactos, sendo sua participação necessária a consecução dos objetivos pretendidos e sua organização pretendida para o correto enfrentamento.

As formas que se originam a partir da reconstrução do multilateralismo permitem o surgimento e participação de novos atores para além daqueles de maior influência e influxo ao exemplo da Rede Transnacional C40.

Ao passo que a existência de tais corpos permite a criação do conhecimento necessário ao enfrentamento, a participação de novos atores de pequeno e médio porte pode ser realizada por sua organização em grupos menores que poderão ou não integrar as redes maiores ou tentar atuar de forma direta como unidades subnacionais organizadas e com participação de seus próprios atores locais, como empresas e sociedade civil organizada.

De maneira a antecipar as ações, o conhecimento acumulado por estes grandes players poderá ser utilizado para análise da viabilidade de implementação das práticas ainda como atores não participantes, surgindo então novos conhecimentos e novas práticas a serem partilhadas em uma segunda etapa, retroalimentando-se o sistema e permitindo a dupla ocorrência pretendida pelo Alto Conselho de legitimação/responsabilidade.

## REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ABC). “Precisamos de uma Nova Governança Global sobre Mudanças Climáticas”, avaliação acadêmica sobre a COP26”. Disponível em: <<https://www.abc.org.br/2021/11/18/precisamos-de-uma-nova-governanca-global-sobre-mudancas-climaticas-avalia-academica>>

co-sobre-a-cop26/>. Acesso em: 22 set. 2023.

ALAM, Mayesha. **Environment as a Global Public Good**. UN University Centre for Policy Research. 2022. Disponível em: <<https://highleveladvisoryboard.org/wp-content/uploads/2022/04/Climate-Governance-Framing-Paper.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2023.

BARBI, Fabiana Cardozo; FERNANDES REI, Fernando. **Mudanças climáticas e agenda de adaptação nas cidades brasileiras**. Revista Catalana de Dret Ambiental, v. 12, n. 1, 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 6 nov. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2023.

BROWN WEISS, Edith. **Climate Change, Intergenerational Equity, and International Law (2008)**. 9 Vt. J. Envtl. L. 615-627, 2008. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2734420](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2734420)>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

C40. Annual Report 2022. Disponível em: <[https://www.c40.org/wp-content/uploads/2023/03/C40-Cities-Annual-Report-2022\\_Published-Online-31-Mar-2023.pdf](https://www.c40.org/wp-content/uploads/2023/03/C40-Cities-Annual-Report-2022_Published-Online-31-Mar-2023.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2023.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C.. **Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros**. Cadernos Metrópole, v. 22, n. 48, p. 365-396, maio 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cm/a/ZY47nWVQJfMfCFcx7Q9hywn/#>>. Acesso em: 22 set. 2023.

FONTANA, M. D. et al.. Integrando conhecimentos para avançar na adaptação climática no nível local. Estudos Avançados, v. 35, n. 102, p. 143-157, maio 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/NLTKsTVS5g5gZJ4vZ5RSsSP/#>>. Acesso em: 22 set. 2023.

GOMES, Magno Federici; CALHAU, Lélia Braga. **Governança mundial ambiental multinível: um caminho desejável para a sustentabilidade no planeta terra**. Revista do Direito Público, Londrina, v. 17, n. 1, p. 172-187, 2022.

GONÇALVES, Alcindo. **O Conceito de Governança**. In: XIV CONGRESSO NACIONAL CONPEDI. Anais Fortaleza 3, 4 e 5 de novembro de 2005. Disponível em <<http://www.conpedi.or.br/manuel/arquivo/Anais/Alcindo20%Goncalves.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2023.

HARDIN, G. **The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; It requires a fundamental extension in morality**. Science, v. 162, n. 3859, p. 1243-1247, Dec. 1968. Disponível em: <[https://pages.mtu.edu/~asmayer/rural\\_sustain/governance/Hardin%201968.pdf](https://pages.mtu.edu/~asmayer/rural_sustain/governance/Hardin%201968.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2023.

HIGH-LEVEL ADVISORY BOARD ON EFFECTIVE MULTILATERALISM (HLAB). **A Breakthrough for People and Planet: Effective and Inclusive Global Governance for Today and the Future**. New York: United Nations University, 2023. Disponível em: <[https://unu.edu/sites/default/files/2023-05/highleveladvisoryboard\\_breakthrough\\_fullreport.pdf](https://unu.edu/sites/default/files/2023-05/highleveladvisoryboard_breakthrough_fullreport.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2023.

KHAN, Tessa. **Prestando Contas Dos Danos Aos Direitos Humanos Causados Por Mudanças Climáticas: O uso do litígio estratégico como uma ferramenta chave para responsabilizar governos pela inação em matéria de mudanças climáticas**. SUR 25, v.14, n.25, p. 89 - 98, 2017. Disponível em: <<https://sur.conectas.org/wp-content/uploads/2017/09/sur-25-portugues-tessa-khan.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

MENDONÇA, M. L. C. DE A. E.; HOLANDA, M. M.. **A Administração Pública Municipal como Fomentadora do Desenvolvimento Social e Econômico. Sequência** (Florianópolis), n. 74, p. 207-231, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/seq/a/DXsHLw3htJrcCM57kqHzc9j/#>>. Acesso em: 22 set. 2023.

em: 22 set. 2023.

MILANEZ, Fonseca. MILANEZ, Bruno; FONSECA, Igor Ferraz da. **Justiça Climática e Eventos Climáticos Extremos: o caso das enchentes no Brasil**. Ipea, Boletim Regional, Urbano e Ambiental, 04 de julho de 2010. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5554/1/BRU\\_n4\\_justica.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5554/1/BRU_n4_justica.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). A/RES/76/300. Resolução adotada pela Assembleia Geral em 28 de julho de 2022. Disponível em: <<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N22/442/77/PDF/N2244277.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 22 set. 2023.

RAUKENA, Trude; MYDSKEB, Per Kristen; WINSVOLDC, Marte. **Mainstreaming climate change adaptation at the local level**. Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability, 20:4, p. 408-423.

UNESCO. Bienes públicos, bienes comunes y bienes comunes globales: una breve explicación. Publicado em 10 de abril de 2022. Disponível em: <<https://www.iesalc.unesco.org/2022/04/10/bienes-publicos-bienes-comunes-y-bienes-comunes-globales-una-breve-explicacion/>>. Acesso em: 22 set. 2023.

# EL DISEÑO DE PRODUCTOS SOSTENIBLES: ASPECTOS CLAVES para su positiva REGULACIÓN (DERECHO DE LA UNIÓN EUROPEA)

MARIA PILAR DOPAZO FRAGUÍO\*

\* Doctor by the  
Universitat d'Alacant  
/ Universidad de  
Alicante

## RESUMEN

En este trabajo se aproxima el conocimiento sobre las implicaciones que conlleva la nueva regulación europea proyectada en materia de diseño ecológico de productos, los retos que se plantean y sus posibles ventajas. En particular, son examinadas las posibilidades que ofrece la implementación de este instrumento con respecto a la estrategia europea proclimática. El estudio ofrece una reflexión con respecto al estado de la cuestión, observando los principales aspectos técnicos, jurídicos y económicos. Al respecto, además, se realizan algunas consideraciones y aportaciones con referencia a las posibilidades que se abren con esta nueva normativa UE. Y, con todo, se subraya el enfoque innovador que se propone al abordar este tema de actualidad jurídica.

## PALABRAS CLAVE

Reglamento europeo. Diseño ecológico. Estrategia europea. Cambio climático

## ABSTRACT

This work approaches the knowledge about the implications of the new European regulation projected regarding the ecological design of products, the challenges that arise and its possible advantages. In particular, the possibilities offered by the implementation of this instrument with respect to the European proclimatic strategy are examined. The study offers a reflection regarding the state of the matter, observing the main technical, legal and economic aspects. In this regard, in addition, some considerations and contributions are made with reference to the possibilities that open up with this new EU regulation. With everything, the innovative approach proposed when addressing this current legal issue is underlined.

## KEYWORDS

European regulation. Eco-friendly design. European strategy. Climate change.

## 1. INTRODUCCIÓN Y CONSIDERACIONES PREVIAS.

El prestar especial atención a la cuestión climática es un tema hoy principal. Por ello, requiere adoptar distintas medidas estratégicas y emprender acciones eficaces. Pues, como ya se sabe, debemos prepararnos para enfrentar con éxito los múltiples efectos climáticos. Además, supone avanzar con celeridad en los objetivos marcados -de forma conjunta y bien coordinada-, todo ello en aras de tratar de minimizar las perniciosas consecuencias del cambio climático.

Más allá de la polémica que pudiera seguir suscitando la emergencia climática, y de las buenas intenciones planteadas vía declaraciones y programas generados hasta el momento, lo cierto es que conviene actuar con certeza desde todos los frentes; y, asimismo, convendrá aplicar aquellos instrumentos disponibles que resulten idóneos y viables, eficaces y eficientes a dicho propósito. La “cuestión climática” ha de ser, con todo, un objetivo prioritario y precisa implementar medidas ejecutivas en los diferentes ámbitos o sectores, siendo fundamental la colaboración pública y privada.

En consecuencia, conforme a dicho interés común o colectivo, desde la Unión Europea (UE, en adelante) ya han sido encaminados planes estratégicos con ambiciosos objetivos en orden a procurar alcanzar lo que se denomina la “neutralidad climática”. En este sentido, cabe citar la conocida como “Ley Europea del Clima” o -siendo más precisos- la **“Legislación Europea sobre el Clima”**, adoptada en junio de 2021<sup>1</sup>. Este marco regulatorio es, por tanto, pieza clave del “Pacto Verde Europeo”<sup>2</sup>.

En virtud de la precitada legislación, en principio, los Estados miembros de la UE quedan jurídicamente obligados a lograr los objetivos climáticos en los plazos previstos, para 2030 y 2050. Esta legislación climática determina un conjunto de medidas de necesaria observancia en la UE y, por ende, los Estados miembros deberán reducir de forma progresiva sus emisiones contaminantes desde ahora y en los próximos años. Por lo cual, todos los Estados miembros deben poner en marcha estrategias y planes de actuación acordes, avanzando en el proceso de adaptación y ante los eventuales impactos del cambio climático.

En concreto, desde la UE, para abordar la compleja problemática climática que nos ocupa, ya han sido aprobadas distintas normativas y otras propuestas regulatorias específicas están en curso para ser adoptadas de forma definitiva en breve, según se espera. Con ello, queda patente el interés que mantiene esta cuestión, así como, la necesidad de contar con avanzados instrumentos técnicos y jurídicos, configurando un sistema regulatorio común. Esto es, se estima prioritario disponer de bases jurídicas, uniformes y coherentes, que permitan ordenar una disciplina compartida y adecuada en orden a garantizar la debida habilitación de las diversas herramientas y el desarrollo de óptimas prácticas. Así pues, nos encontramos en pleno proceso de positiva evolución regulatoria, ante una nueva generación de distintas normas europeas que se focalizarían en aquellos instrumentos ambientales que han sido apreciados como esenciales -en la actualidad- para la acción climática emprendida.

<sup>1</sup> Para mayor detalle al respecto, vid., Consejo Europeo-Consejo de la Unión Europea, “Cambio climático: lo que está haciendo la UE”, disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/> (Fecha última consulta: 01/10/2023).

<sup>2</sup> En síntesis, el “Pacto Verde Europeo” determina las bases de la estrategia de la UE para lograr el objetivo de la neutralidad climática de aquí a 2050, procurando así el cumplimiento de los compromisos declarados, de conformidad con el Acuerdo internacional de París. Cfr., <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>

Uno de los instrumentos o herramientas ambientales que ahora recobra mayor protagonismo es, sin duda, el diseño ecológico o eco-diseño de productos. Este hecho podría llamar la atención a primera vista, pues, el valor útil de este aspecto ya había sido reconocido en la práctica. Así, había sido puesto de manifiesto desde el Derecho Ambiental, y junto a otros instrumentos de tutela ambiental.

El ecodiseño se considera un aspecto ligado a la innovación industrial, que aporta un destacado valor añadido a productos o servicios. Hoy, además, se subraya su papel operativo principal y/o como instrumento coadyuvante *proclima*. Esto es, con base al interés funcional o utilitario que puede aportar su efectiva implementación -en todo tipo de productos- a los pretendidos objetivos europeos, referenciados supra.

Ahora bien, el ecodiseño no es algo nuevo como tal, pero, sí lo es el nuevo enfoque regulatorio con el que se trata, sobre todo configurándolo como un nuevo requisito de obligado cumplimiento. Así pues, es ahora cuando parece ser focalizado por el legislador europeo con mayor interés, toda vez que se establece un sistema regulatorio específico en materia de diseño ecológico de productos y vía Reglamento UE.

Considerando lo mencionado, se razona el gran interés que ha despertado el *Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles*<sup>3</sup> desde su propuesta por la Comisión Europea el 30 de marzo de 2022 y en la actualidad. Por ello, merece observar con detalle el proceso para su aprobación definitiva, el debate en curso y las últimas aportaciones realizadas al texto inicial<sup>4</sup>. De igual modo, conviene valorar sus potenciales efectos, también estimando las posibilidades que abre o su posible desarrollo a futuro.

En concreto, en este trabajo se procede al estudio de la nueva regulación europea sobre diseño ecológico de productos, por considerarla un hito jurídico en el Ordenamiento europeo.

En efecto, en la actualidad, se propone fijar una regulación común y preceptiva, que será vinculante y directamente aplicable en todos los Estados miembros de la UE. Por este motivo, en este trabajo resulta de sumo interés analizar esta innovación jurídica y realizar una primera valoración con respecto al texto legal proyectado. De igual modo, se aportan algunas consideraciones. Hay que destacar que el ecodiseño se convierte en una pieza fundamental en el marco estratégico fijado. En la nueva regulación, se configura como un presupuesto o requerimiento de obligado cumplimiento u observancia, por lo que ya no solo sería un aspecto voluntario o “añadido” a los productos.

Esto es, el nuevo Reglamento europeo proyectado sobre diseño ecológico de productos -objeto principal del presente estudio- lo convierte en requisito que será exigido o exigible para la mayor parte de los productos fabricados y distribuidos en el mercado interior UE (mercado único europeo). En consecuencia, no se trata de un tema baladí y sí de una cuestión nuclear que debemos tener en cuenta, tanto desde la perspectiva jurídica como económica y social. Así pues, se plantea un avanzado Sistema común y vía Reglamento UE -como se sabe- acto normativo de aplicación directa y obligado cumplimiento. De hecho, esta nueva

<sup>3</sup> Vid., Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva 2009/125/CE, Bruselas, 30.3.2022. COM (2022) 142 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52022PC0142>

<sup>4</sup> En especial, resultan de interés las enmiendas aprobadas por el Parlamento Europeo el 12 de julio de 2023 sobre la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva 2009/125/CE (COM(2022)0142 - C9-0132/2022 - 2022/0095(COD), Cfr., Texto del Reglamento sobre diseño ecológico aprobado por el Parlamento Europeo, 12 de julio de 2023. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272_ES.html) (Fecha consulta: 09/08/2023).

normativa europea representa una medida relevante dentro del marco estratégico y objetivos “proclima”.

Considerando la significación técnica y jurídica que alcanza este tema de actualidad, en la primera parte del presente estudio, se detalla la funcionalidad del ecodiseño, así como la normativa técnica que facilita su adecuada implementación y certificación. De igual modo, se procede al análisis del presente contexto estratégico, observando la evolución producida y, en especial, con respecto al actual tratamiento jurídico de esta cuestión.

## 2. EL DISEÑO ECOLÓGICO COMO REGLA GENERAL Y PRÁCTICA REGULADA.

El ecodiseño o diseño ecológico es una herramienta técnica aplicable a productos y servicios con la finalidad principal de minimizar su impacto ambiental. Constituye, por tanto, una vía útil y propiciatoria para promover la eco-innovación en procesos y sistemas, orientando de este modo la generación de productos más sostenibles, eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

El diseño ecológico conlleva la integración eficaz de varios aspectos medioambientales en el desarrollo de productos; no solo aquellos relativos a la calidad ambiental, también otros específicos relativos a materiales, procesos, eficiencia energética, seguridad, entre otros posibles y según el nivel de exigencia predeterminado, criterios fijados y metodología aplicable. Todo ello, con la finalidad principal de generar bienes con el menor impacto ambiental posible a lo largo de su ciclo de vida.

En todo caso, al abordar este tema se debe puntualizar que el ecodiseño como herramienta ambiental empleada no es una novedad<sup>5</sup>, tal y como ha sido avanzado en la Introducción y consideraciones previas expuestas (supra); incluso, como se conoce, ya está siendo empleada desde hace tiempo en el campo del diseño industrial, ingeniería o arquitectura<sup>6</sup>. Si bien, es en el presente cuando el tratamiento técnico y jurídico de esta cuestión recobraría mayor atención en el Ordenamiento europeo.

Por ello, podemos decir que es ahora, al observarse las posibilidades de este aspecto y sus ventajas cuando surge el interés por “crear” un nuevo régimen regulatorio específico sobre ecodiseño. Esto es, un marco legal europeo que discipline el diseño ecológico en la UE de forma uniforme y vinculante. Ello, se razonaría en orden a la positiva funcionalidad que puede aportar la efectiva aplicación del mismo de forma extensiva (a la mayoría de productos de diferentes tipologías), asegurando determinados criterios ecológicos y mediante el necesario empleo de la metodología del análisis de ciclo de vida.

Desde esta óptica, precisamente, adquiere mayor significación el estudio de la actual propuesta de Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles<sup>7</sup> presentada por la Comisión

<sup>5</sup> Véase, al respecto, pioneros trabajos donde ya se avanzaba la utilidad de este instrumento, DÓPAZO FRAGUÍO, P., “Eco-innovación en procesos y productos: eco-diseño”, *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental* N.º 17, 2010, pp. 305-320. Y, el previo, “Calidad, innovación y sostenibilidad: retos y aportaciones para generar valor y competencia empresarial”, *Revista de la contratación electrónica*, N.º 99, 2008, pp. 169-193. Entre otros estudios referenciados en la Bibliografía (epígrafe 10). Siendo en el presente, finalmente, cuando se confirma no solo la anunciada funcionalidad de esta herramienta, también su interés técnico y jurídico, máxime con motivo del nuevo Reglamento UE objeto de estudio en este texto.

<sup>6</sup> Sobre la aplicación del ecodiseño en distintos ámbitos, vid., por ejemplo, MATEO CECILIA, Carolina, “Cuando la naturaleza manda: Repensado el diseño ecológico en arquitectura”, *ACE: architecture, city and environment*, N.º 39, 2019, pp. 161-182. CAPUZ RIZO, Salvador y GÓMEZ NAVARRO, Tomás (dirs.), *Ecodiseño ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*, ed. UPV, Editorial Universitat Politècnica de València, 2013.

<sup>7</sup> Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva

Europea el 30 de marzo de 2022. Así pues, en la actualidad jurídica, se plantea una nueva y ambiciosa regulación en esta materia, mediante la que se trata de reforzar la necesaria aplicación del ecodiseño, para asegurar su efectiva práctica de forma amplia o más extensiva. Ello, a su vez, se justificaría en interés general o colectivo, al estimarse la positiva contribución que conllevaría la aplicación general de este instrumento ambiental. Y, por tanto, dicha iniciativa regulatoria se suma a otras acciones proclima. Todo ello, además, se enfocaría desde una perspectiva estratégica económica y/o competitiva.

En consecuencia, con esta nueva normativa europea se procuran importantes avances; pero, en paralelo, no se puede ignorar que aún será preciso emprender destacadas transformaciones. Si bien, se infiere que los distintos sectores han de estar preparados y contar con los medios oportunos. Pues, tal y como analizamos, la nueva normativa implica un alto nivel de exigencia, conllevará cambios radicales en modelos, procesos y prácticas operativas, y convendrá adaptarse a los parámetros requeridos. Por ello, parece claro que todo ello podría afectar a la tradicional dinámica de fabricación y distribución comercial, lo cual, ha de ser considerado -entre otros aspectos- por empresas y otros agentes, sujetos y sectores claves de la economía. Con todo, admitiendo que los retos planteados son complejos, también cabe apreciar las oportunidades que se abren.

## **2.1. El ecodiseño como pieza principal de la estrategia europea emprendida.**

En síntesis, el objetivo de la nueva regulación sobre diseño ecológico -de conformidad con la estrategia europea marcada- sería el alcanzar un nivel óptimo con respecto a las propiedades de los productos ofrecidos en el mercado interior europeo, vía la identificación completa del producto y, a su vez, la verificación del efectivo cumplimiento de los parámetros ecológicos específicos exigidos -o, en su defecto, recomendados- en cada caso y/o para cada tipo/grupo de producto.

Por ello, en el Ordenamiento jurídico europeo se posiciona el instrumento del ecodiseño como un requisito exigible esencial. Y, por ende, se infiere que “resulta digno de contar con una regulación específica” como la propuesta o proyectada, de aplicación directa y con carácter vinculante. Asimismo, se trata de mejorar la eficacia y la confianza hacia los productos fabricados, distribuidos o comercializados; incrementando también la protección de los consumidores. Por otra parte, cabe pensar que se podría impedir o limitar la introducción en el mercado de productos que no cumplan con los estándares ecológicos mínimos exigidos o exigibles, o aquellos otros supuestos detectados que no ofrecen las debidas garantías, no validados o en fase experimental, o pudieran presentar eventuales alteraciones, fallos o deficiencias.

Así, en la práctica, se trata de extender la aplicación efectiva de este aspecto y, por ende, establecer el empleo mayoritario del diseño ecológico en los productos. No obstante, cabe señalar que ya -en la actualidad- algunos fabricantes han de atender a las normas de diseño ecológico para los productos relacionados con la energía, por ejemplo, electrodomésticos, productos electrónicos como los ordenadores, entre otros; reduciendo así el consumo de energía y los efectos ambientales negativos desde la fase previa de diseño. Por ello, ahora, desde la UE se pretende dar un paso definitivo con el nuevo Reglamento UE, al incorporar normas de diseño ecológico que afecten a casi la totalidad de productos.

---

2009/125/CE, Bruselas, 30.3.2022. COM (2022) 142 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52022PC0142>

Considerando lo expuesto, cabe calificar como positiva la evolución normativa generada en materia de diseño ecológico. Se observa una coherente y progresiva dinámica, donde los actuales avances sería muy significativos, y con respecto a la normativa pre-existente, Directiva 2009/125/CE<sup>8</sup> y los Reglamentos UE adoptados<sup>9</sup>.

En todo caso, digno es poner en valor que ya en la Directiva 2009, la Comisión establece requisitos de diseño ecológico para los productos relacionados con la energía con un volumen significativo de ventas y comercio en la UE, con alto impacto medioambiental y con posibilidad de reducirlo. Y de lo que ahora se trata es de ampliar el ámbito de actuación, extender la exigencia del diseño ecológico a todo tipo de productos o, al menos, a la mayoría de los posibles.

Hoy, por tanto, dicho interés se incrementaría y se extendería la aplicación exigida del diseño ecológico al mayor número de grupos de productos; por tanto, ya no solo a los relacionados con la energía. Con todo, se prestará especial atención a los productos con un potencial de mejora viable, mediante la incorporación del ecodiseño y en aras de disminuir -o, en su caso, minimizar- su impacto medioambiental, reforzando su sostenibilidad y duración. Asimismo, dicho avance se pretende lograr, sin que ello genere costes excesivos o no asumibles. Con este buen propósito inicial, se plantea la nueva normativa europea para generar productos ecológicos, sostenibles y duraderos.

Así, el 30 de marzo de 2022, la Comisión Europea propone un nuevo Reglamento de diseño ecológico que amplía de forma muy significativa el ámbito de aplicación del diseño ecológico, aumentando de forma notable la tipología de productos que han de incorporar el ecodiseño y ajustarse a los criterios ecológicos que sean predeterminados o especificados. De este modo, también se introducen requisitos agregados, se fijan estándares o normas mínimas en lo referente a varios aspectos o condiciones relativas a materiales, componentes o sustancias empleadas, durabilidad, reparabilidad, rendimiento, eficiencia energética y reciclado, entre otras que pudieran concretarse a futuro.

<sup>8</sup> Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (DOUE L 285, de 31.10.2009, p. 10). Y en la Comunicación COM (2016) 773 final, de 30 de noviembre de 2016, «Plan de trabajo sobre diseño ecológico 2016-2019», se indican las prioridades de trabajo en el marco del diseño ecológico y el etiquetado energético para 2016-2019. En dicha planificación 2016 quedan determinados los grupos de productos relacionados con la energía considerados como “prioritarios” para elaborar estudios preparatorios y se prevé la posibilidad de adoptar medidas de ejecución, también para proceder a la revisión del Reglamento (CE) n.º 1275/2008 de la Comisión, de 17 de diciembre de 2008, por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado, así como en el modo preparado en red, de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina (DO. L 339, de 18.12.2008, p. 45).

<sup>9</sup> Posteriormente, los Reglamentos (UE) 2019/424, (UE) 2019/1781, (UE) 2019/2019, (UE) 2019/2020 (5), (UE) 2019/2021, (UE) 2019/2022, (UE) 2019/2023 y (UE) 2019/2024 de la Comisión («los Reglamentos modificados»), dictan disposiciones sobre el diseño ecológico de los servidores y productos de almacenamiento de datos, los motores eléctricos y los variadores de velocidad, los aparatos de refrigeración, las fuentes luminosas y los mecanismos de control independientes, las pantallas electrónicas, los lavavajillas domésticos, las lavadoras domésticas y las lavadoras-secadoras domésticas y los aparatos de refrigeración con función de venta directa, respectivamente. En el año 2021, avanzando en dicho interés regulatorio, se adoptó el Reglamento (UE) 2021/341 de la Comisión de 23 de febrero de 2021 por el que se modifican los Reglamentos (UE) 2019/424, (UE) 2019/1781, (UE) 2019/2019, (UE) 2019/2020, (UE) 2019/2021, (UE) 2019/2022, (UE) 2019/2023 y (UE) 2019/2024 en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a servidores y productos de almacenamiento de datos, motores eléctricos y controladores de velocidad variable, aparatos de refrigeración, fuentes luminosas y mecanismos de control independientes, pantallas electrónicas, lavavajillas domésticos, lavadoras domésticas y lavadoras-secadoras domésticas y aparatos de refrigeración con función de venta directa. Y, en el año 2023, el Reglamento (UE) 2023/826 de la Comisión de 17 de abril de 2023 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía en los modos desactivado y preparado, así como en el modo preparado en red, de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) n.º 1275/2008 (CE) n.º 107/2009 de la Comisión (DOUE L 103/29, de 18.4.2023).

En todo caso, como novedad muy relevante, será necesario la identificación de los productos ofrecidos y para su tráfico o “circulación” en el mercado UE vía el *Pasaporte Digital de Productos*. Este documento electrónico facilitará también una información útil a los consumidores y otros sujetos.

De igual modo, con la nueva normativa se podría evitar o reducir la innecesaria eliminación de productos finalmente no comercializados o no vendidos, junto con otras ventajas que puede aportar. Entre otras, por ejemplo, facilitar la contratación pública sostenible o las decisiones de compra pública ecológica. También, cabe estimar que se podrán promover otras medidas de fomento o facilitadoras del cumplimiento ecológico, v.gr., ayudas e incentivos de distinto tipo para el acceso o adquisición de aquellos productos y servicios más respetuosos con el medio ambiente.

En definitiva, con el nuevo Reglamento “se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico para productos sostenibles”. Y, a fecha de 12 de julio de 2023, se informa sobre la aprobación del texto, conforme a la decisión adoptada por el Parlamento Europeo<sup>10</sup> respecto al informe aprobado por su Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria (ENVI)<sup>11</sup>. Así pues, el informe resultante supone la posición del Parlamento, que se suma a la previamente adoptada por el Consejo, el cual, adoptó su posición –“orientación general”– en el pasado mayo 2023<sup>12</sup>.

## 2.2. Contexto europeo y principales metas.

De este modo, hoy, el diseño ecológico se focaliza desde una ambiciosa perspectiva estratégica y regulatoria, junto a otras acciones ya encaminadas para enfrentar los complejos desafíos que se presentan, ambientales, energéticos, sociales, políticos y económicos. Es en este difícil contexto, por tanto, cuando “surge” el especial interés por regular el ecodiseño, posicionando el valor instrumental del mismo y con objeto de promover su adecuada implementación.

Con base a dicha motivación, el nuevo régimen vía Reglamento UE pretende dotar de una sólida cobertura legal al diseño ecológico de productos. Este interés se subraya por el actual legislador europeo, considerando que este instrumento constituye un medio de acción clave a los mencionados fines. Y, a su vez, encuentra apoyo previo en los objetivos comunes previstos por la “Estrategia Europa 2020” y en relación con lo señalado en la “Estrategia Europea para la competitividad global, la recuperación sostenible de la crisis económica y la creación de empleo”<sup>13</sup>. Estos objetivos estratégicos siguen siendo principales y son reforzados

<sup>10</sup> Cfr., Parlamento Europeo, Textos aprobados, P9\_TA(2023)0272 - *Reglamento sobre diseño ecológico*. Estrasburgo, 12 de julio de 2023. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria PE738.753 [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272_ES.html)

<sup>11</sup> En junio de 2023, los eurodiputados de la Comisión de Medio Ambiente emitieron el informe que concreta la posición del Parlamento y de interés para las posibles negociaciones sobre esta nueva legislación con los gobiernos de los Estados miembros UE. Vid., Parlamento Europeo, Informe - A9-0218/2023. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria (Ponente: Alessandra Moretti), fecha: 22.6.2023, *INFORME sobre la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva 2009/125/CE*. (COM (2022) 0142 - C90132/2022 - 2022/0095(COD)), en: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218_ES.html). Resulta de interés la consulta del Informe emitido en primera lectura: 2022/0095(COD), Comisión competente para el fondo: ENVI, Ponente: Alessandra Moretti (S&D, Italia). [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS\\_ATA\(2023\)751382\\_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS_ATA(2023)751382_ES.pdf)

<sup>12</sup> Cf., Consejo de la UE, “Reglamento sobre Diseño Ecológico: el Consejo adopta su posición”, Comunicado de 22 de mayo de 2023, en: [https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/?utm\\_source=dsms-auto&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Ecodesign+regulation:+Council+adopts+position](https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/?utm_source=dsms-auto&utm_medium=email&utm_campaign=Ecodesign+regulation:+Council+adopts+position)

<sup>13</sup> Comisión Europea, «Europa 2020. Un estudio para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador», COM (2010) 2020 final, de 3.3.2010 (p. 6). Cfr., La “Estrategia Europa 2020”, aprobada por el Consejo Europeo el 17 de junio de 2010: Comunicación de la Comisión, “Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento

en la actual Planificación Estratégica 2020-2030<sup>14</sup>, todo ello de acuerdo con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)<sup>15</sup>. En este mismo sentido, hay que tener presente lo declarado en “El Pacto Verde” por la Comisión Europea (2019)<sup>16</sup>.

De este modo, cabe apreciar como el nuevo régimen previsto supera a la actual Directiva 2009/125/CE sobre diseño ecológico, referida solo a productos relacionados con la energía<sup>17</sup>. Y, a su vez, la nueva regulación afectaría tanto al sector privado como público, al configurarse el ecodiseño como un requerimiento esencial, exigido o exigible a todos los efectos y en distintos ámbitos.

El nuevo Reglamento UE proyectado resulta de sumo interés por establecer un avanzado régimen jurídico en esta materia, el cual, podría tener gran repercusión también desde la perspectiva económica. Por cuanto se dicta la aplicación preceptiva y extensiva del diseño ecológico, lo que supone dar un paso muy decisivo por el legislador europeo. Ello, sin duda, orienta un cambio radical en el tratamiento jurídico de esta cuestión.

Por ello, es necesario proceder al análisis del nuevo régimen jurídico planteado en torno al ecodiseño -vía Reglamento UE-, el cual, es valorado con detalle en el epígrafe 7 de este trabajo. Toda vez que, sin duda, requiere una exhaustiva reflexión analítica, por las novedades encaminadas y, sobre todo, por establecer -por vez primera en nuestro Ordenamiento- un régimen común y vinculante en materia de ecodiseño.

Al respecto, nótese que el ecodiseño se convertiría en un presupuesto de necesario cumplimiento para la mayoría de los productos ofrecidos o distribuidos en el mercado interior, asimismo, fomentando la denominada “circularidad del producto sostenible”. Y, con todo, se trataría de lograr la amplia proyección aplicativa del ecodiseño en los distintos sectores industriales o productivos. Este aspecto sería la regla general que deberá ser observada<sup>18</sup>.

---

inteligente, sostenible e integrador”. Bruselas, 3.3.2010 COM (2010) 2020 final <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:ES:PDF>. Y, en este sentido, Comisión Europea, «Una Europa que utilice eficazmente los recursos. Iniciativa emblemática con arreglo a la Estrategia Europa 2020», COM (2011) 21 final, 26.1.2011, pp. 3-5.

<sup>14</sup> Pues, en el presente, resulta claro que es necesario insistir en los objetivos europeos que fueron propuestos para el año 2020 -según lo previsto en la precitada “Estrategia Europa 2020”, y con el propósito de conseguir lograrlos a futuro. Por ello, en la práctica, se trata de objetivos vigentes y sobre los que conviene seguir haciendo hincapié.

<sup>15</sup> La Asamblea General de las Naciones Unidas, en septiembre de 2015, se suscribió la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), objetivos previstos en la Estrategia Europea 2020. De este modo, tanto con la Estrategia 2020 como la Agenda 2030, se pretende lograr un conjunto de metas globales y compartidas.

<sup>16</sup> El *Pacto Verde Europeo* es un conjunto de iniciativas políticas destinado a la denominada “**transición ecológica**”, su finalidad principal es alcanzar la neutralidad climática para el año 2050. Este documento sienta las bases para proceder a la renovación de la UE, en aras de “una sociedad equitativa y próspera” y una “**economía moderna y competitiva**”. A dicho fin, se hace hincapié en adoptar un enfoque común, holístico e intersectorial, con la participación proactiva de todos los agentes y actuando desde los distintos ámbitos de forma conjunta para conseguir el objetivo climático que se pretende. Este “paquete de medidas” integra diversas acciones relativas al clima, protección del medio ambiente, energía, transporte, industria, agricultura y otros sectores, también se hace referencia a las “finanzas sostenibles”. Vid., COMISIÓN EUROPEA: Comunicación de la Comisión Europea, “El Pacto Verde Europeo”. Bruselas, 11.12.2019, COM (2019) 640 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ES>

<sup>17</sup> Cfr., Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (DOUE L 285, de 31.10.2009), y modificada por la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 (DOUE L 315, de 14.11.2012), en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0125-20121204&from=EN>

<sup>18</sup> Vid., Comisión Europea, “Diseño ecológico para productos sostenibles. El nuevo Reglamento mejorará la circularidad, el rendimiento energético y otros aspectos de la sostenibilidad medioambiental de los productos de la UE”, [https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products\\_es](https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products_es)

No obstante, también se advierte que estamos ante una regulación compleja, que requiere un examen detallado sobre sus efectos. En este sentido, conviene tener en cuenta lo informado por el Dictamen del Comité Económico y Social Europeo (CESE, 2022)<sup>19</sup>.

### 3. ASPECTOS CLAVES PARA LA EFECTIVA IMPLEMENTACIÓN DEL ECODISEÑO.

Con el objetivo de aproximar el conocimiento de lo que supone la implementación efectiva del ecodiseño, en esta parte del trabajo -en los siguientes subepígrafes-, se exponen las principales características y funcionalidad del ecodiseño, las propiedades de este instrumento técnico ambiental y la metodología aplicable (ACV); así mismo, se hace expresa referencia a la normativa técnica existente, la cual, facilita su adecuada implementación en la práctica actual.

La práctica del ecodiseño o el “ecodiseñar” supone evaluar las características del producto y mejorar sus propiedades, calidad ambiental, viabilidad, seguridad y resultados. A través del diseño ecológico, principalmente, se pretende reducir los posibles impactos ambientales que genera un producto, así como la mejora de sus cualidades, rendimiento y sostenibilidad durante todo su ciclo de vida.

Por tanto, al hablar de diseño ecológico debemos tener cuenta que para su satisfactoria implementación -eficaz y eficiente-, no solo se trataría de perfeccionar el aspecto formal o estético relativo a la configuración del producto, y sí de algo más sustancial, por estar destinado a optimizar el (su) proceso de fabricación, desarrollo y resultados.

De este modo, el ecodiseño supone una compleja herramienta técnica, la cual, ha de ser adecuadamente gestionada. Se precisa aplicar una metodología específica y el desarrollo de prácticas orientadas a la innovación en productos, procesos y sistemas. Lo mencionado, a su vez, se constata por la práctica experimentada, siendo así un útil instrumento ambiental y propiciatorio de la ecoinnovación<sup>20</sup>.

Ahora, además, se le añade otra posible funcionalidad añadida, al subrayarse -por la UE- que también su empleo generalizado podría servir para promover la “economía circular”, según se pretende impulsar y en orden a los objetivos internacionales de desarrollo sostenible (ODS) declarados en la *Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible*<sup>21</sup>. Toda vez que se estimaría como medio para contar con mayor número de productos sostenibles, eficientes y duraderos en circulación. Por lo cual, considerando todos estos factores, se puede razonar que esta cuestión se trate de impulsar de forma decisiva y vía regulatoria.

<sup>19</sup> En todo caso, al respecto, resultan de interés las “Conclusiones y recomendaciones” señaladas en el DICTAMEN DEL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO (CESE): “Iniciativa sobre productos sostenibles, incluida una revisión de la Directiva de diseño ecológico”. Bruselas, 14 de julio de 2022. Y, por otra parte, también hay que tener en cuenta el Plan de trabajo que ya ha sido trazado en esta materia, vid., COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN, *Plan de Trabajo sobre Diseño Ecológico y Etiquetado Energético 2022-2024* (DOUE C 182/1, de 4.5.2022), en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=OJ:C:2022:182:FULL&from=EN>

<sup>20</sup> En este mismo sentido, SANZ LARRUGA, F.J., “Aspectos jurídicos sobre la eco-innovación y el diseño ecológico”, en SANZ LARRUGA, J.F.; GARCÍA PÉREZ, M. Y PERNAS GARCÍA, J. (Dirs.), *Libre mercado y protección ambiental. Intervención y orientación ambiental de las actividades económicas*. Instituto Nacional de Administración Pública, Madrid 2013 (pp. 421-461).

<sup>21</sup> La Asamblea General de Naciones Unidas adoptó la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” el 25 septiembre 2015. En esta Agenda se fijan 17 Objetivos con 169 metas que integran aspectos económicos, sociales y ambientales. Con base a la misma, se establece la estrategia que ha de guiar los programas de desarrollo a nivel internacional y los Estados, al adoptarla, asumen un compromiso de seguir lo programado y habilitar los oportunos medios. Información disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

### 3.1. El análisis del ciclo de vida del producto.

El ecodiseño constituye un aspecto o cualidad del producto o servicio y, a su vez, constituye una herramienta que precisa ser aplicada en la práctica a través de una metodología específica. En este sentido, se habla de la implementación adecuada o satisfactoria de este instrumento, en tanto requiere seguir un riguroso procedimiento técnico y la metodología de “análisis del ciclo de vida” (ACV)<sup>22</sup>.

Esta metodología es básica, al estar destinada a la evaluación del producto/servicio y conocer su impacto ambiental; por tanto, implica realizar un examen completo de cada clase de producto, desde que se proyecta y considerando todo su ciclo de vida. Esto es, el proceso de examen y diagnóstico abarca varias fases, desde el “planteamiento creativo” del producto, el proceso de fabricación o producción, materiales y recursos empleados, así como las fases posteriores de distribución/comercialización, también lo relativo a su empleo, duración, reutilización, posible “recondicionamiento” del mismo, entre otros aspectos. También, aquellos relativos al final de su “vida útil” -por ejemplo- reciclaje, generación de subproductos, otras posibilidades.

El “análisis de ciclo de vida” (ACV) del producto es la denominación utilizada para referirse a esta técnica analítica recomendada, siendo así la empleada de forma mayoritaria en este campo, ya que permite cuantificar y valorar distintos aspectos, con respecto a cada tipo o categoría de producto<sup>23</sup>. A su vez, a dicha evaluación se procederá en orden a conocer -con carácter previo- los criterios ecológicos y parámetros que convendrá observar como referencia. Por ello, primero, es de gran interés operativo conocer los estándares prefijados para cada clase de productos (categoría o grupo de productos). Y, en todo caso, es fundamental que estos valores puedan ser medidos con rigor y de forma objetiva, en cada supuesto y teniendo siempre en cuenta el ciclo de vida completo del producto<sup>24</sup>. Si bien, como es lógico, dicha evaluación se estimaría en términos relativos y de acuerdo con el estado de la técnica y del conocimiento disponible en cada momento.

A dicho fin, se aplica esta metodología específica con objeto de poder evaluar y determinar el impacto ambiental del producto durante todo su ciclo de vida. Este procedimiento analítico posibilita obtener datos que permitan valorar distintos aspectos al fin de evitar o, en su defecto, minimizar o reducir aquellos detectados como generadores de efectos ecológicos adversos y/o de externalidades económicas negativas.

De igual modo, facilita la optimización de procesos y una mayor eficiencia en el empleo de recursos, materias primas, etc.; además, puede servir para incrementar o mejorar la calidad y propiedades del producto examinado, aquellas que en cada caso resultaran de interés -según cada tipo de producto- como su eficacia, rendimiento, entre otras.

Esta metodología se emplea, en la práctica, como principal técnica analítica, utilizando precisos indicadores y orientando la oportuna medición de valores. Se trata de una técnica

<sup>22</sup> El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha sido definido como aquella herramienta metodológica principal, empleada para poder medir el impacto ambiental que genera un producto, proceso o sistema considerando todo su ciclo de vida; esto es, evaluando las fuentes y recursos que requiere, materias primas, energía u otros hasta el final de su vida. Para ello, se obtienen todos los datos necesarios y son ponderados con objeto de obtener unos resultados y medir su impacto o impactos ambientales potenciales, lo cual, es esencial para proceder a la aplicación de las mejoras o innovaciones útiles que permitan reducir aquéllos. Al respecto, vid., *norma técnica ISO 14040:2006(es) Gestión ambiental – Análisis del ciclo de vida – Principios y marco de referencia*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

<sup>23</sup> Para mayor detalle sobre esta metodología, vid., VEGA GRANDA, A.; DÍAZ, E.; RODRÍGUEZ, M.; ORDÓÑEZ GARCÍA, S. y COCA PRADOS, J., “El análisis del ciclo de vida (I). definición y metodología”, *Ingeniería química*, n.º 420, 2005, pp. 145-150.

<sup>24</sup> Documento del Grupo de Trabajo de CONAMA 10: “El Ecodiseño en la gestión del ciclo de vida del producto”, [http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/GTs%202010/5\\_final.pdf](http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/GTs%202010/5_final.pdf) (Fecha última consulta: 31/10/2022).

de evaluación experimentada y muy útil, la cual, ya es empleada como básica también en materia de *etiquetado ecológico de productos/servicios* y, además, su consideración queda prevista en lo relativo a la implementación eficaz del *sistema de gestión ambiental* que sea adoptado por cada organización o empresa<sup>25</sup>, de conformidad con el modelo estandarizado internacional ISO 14001<sup>26</sup> y/o el *Sistema europeo de gestión medioambiental-EMAS*<sup>27</sup>. Hoy, estos modelos ISO y EMAS son plenamente compatibles y complementarios. A ello, en particular, por su importancia en la práctica -tanto operativa como estratégica- nos referimos ulteriormente en este trabajo.

Así pues, el empleo adecuado de esta metodología en el campo del ecodiseño resulta esencial para obtener productos/servicios “más respetuosos con el medio ambiente”, “eficientes” y “sostenibles” en distintos ámbitos o sectores<sup>28</sup>. De igual modo, mediante esta técnica se posibilita la comparación del producto con otros de su misma categoría o grupo de productos o, en su defecto, de similar o análoga clase según su utilidad o destino<sup>29</sup>. Con ello, también sería posible aplicar las oportunas mejoras o perfeccionamientos en un producto/servicio; esto es, también en términos relativos o comparativos respecto a otros existentes u ofrecidos en el mercado.

Con base a lo expuesto, se indican las múltiples ventajas derivadas de la aplicación del ecodiseño, considerando que “el ecodiseño es una herramienta de innovación que puede aportar ventajas a la empresa”. Así, al observar y aplicar criterios ambientales en el proceso creativo del producto/servicio<sup>30</sup> se obtienen varios beneficios, como son: (a) reducir costes energéticos y de materias primas, mediante la optimización de las técnicas empleadas en la

<sup>25</sup> GUILLÉN NAVARRO, Nicolás A., “Unidad del mercado interior, normalización industrial, etiquetas ecológicas y sistemas de gestión y auditoría medioambientales”, *Monografías de la Revista Aragonesa de Administración Pública*, XIX, 2018, pp. 271-328. De igual modo, véase como el ACV ha sido abordado en el ámbito de la elaboración de normativa técnica específica, cfr., al respecto, UNE - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN, Comité CTN 150/SC 3 - *Etiquetado ecológico y ACV*, así como referencias a nivel internacional: ISO/TC 207/SC 3 *Gestión ambiental. Etiquetado ecológico* e ISO/TC 207/SC 5 *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida (ACV)*, disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite/?c=CTN%20150/SC%203>

<sup>26</sup> Norma técnica ISO 14001:2015(es) *Sistemas de gestión ambiental*, <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>; <https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>

<sup>27</sup> EMAS: conforme a la vigente regulación europea, el *Sistema de Gestión y Auditoría Medioambientales (EMAS)* es el modelo europeo y de adhesión voluntaria destinado a organizaciones o empresas de distinto tipo, que estén interesadas en disponer de un sistema avanzado en materia de gestión integrada de la calidad ambiental. A través de este sistema, las entidades podrán evaluar, gestionar y mejorar su compromiso y práctica ambiental. A su vez, este es un instrumento principal para poder demostrar o acreditar dicho compromiso, su efectividad y/o buena práctica operativa. Cfr., REGLAMENTO (UE) 2017/1505 DE LA COMISIÓN de 28 de agosto de 2017 por el que se modifican los anexos I, II y III del Reglamento (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS). DOUE L 222/1, de 29.8.2017.

<sup>28</sup> Por ej., en este sentido, ROMERO PEREIRA, M.C. y SÁNCHEZ CORIA, A., “Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios”, en *Revista EIA*, vol. 19, n.º. 38, 2022, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8552387> ZABALZA, I., “Adaptación de la metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España” (tesis doctoral), Universidad de Zaragoza, 2011, <https://zaguan.unizar.es/record/5751>

<sup>29</sup> La técnica del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) permite evaluar y comparar entre varias posibilidades a la hora de examinar un determinado bien, siendo así útil para selección el producto o material más adecuado, asimismo, es útil en lo relativo a decidir sobre lo que pudiera ser más oportuno en orden a determinar el empleo de materiales, tecnología, obra, servicio, suministro, etc. Y todo ello, procedería tanto considerando la perspectiva medioambiental como el coste económico o la viabilidad. Así, en la práctica, el ecodiseño se puede emplear para decidir sobre el uso de ciertos materiales en los productos o su posible sustitución por otros -por ejemplo, menos contaminantes-, en el sector textil, en el sector de la construcción, entre otros. Al respecto, vid., entre otros estudios: PARRA RUIZ, L. Y PERELLI BOTELLO, M., “Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y del Coste del Ciclo de Vida (CCCV) en firmes y pavimentos de carretera”, *Cemento Hormigón*, n.º 994, 2019. LOZANO MIRALLES, J.A.; LÓPEZ GARCÍA, R.; PALOMAR, A. Y GARCÍA, A., “Análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre probetas obtenidas mediante fabricación tradicional por inyección (FI) y fabricación aditiva (FA)”, *Técnica industrial*, n.º 332, 2022, pp.50-57, <https://www.tecnicaindustrial.es/sumario-ti-332-comunidades-energeticas/>

<sup>30</sup> En este sentido, vid., Cámara de Comercio de España, “Ecodiseño: Diseño de Productos-Servicios Sostenibles”, en <https://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-innovar/diseño-sostenible> (Fecha último acceso: 09/12/2022).

producción, distribución y embalaje, entre otros; (b) facilitar el cumplimiento de la regulación ambiental y energética vigente; (c) incorporar desarrollos innovadores y competitivos, al obtener u ofrecer productos/servicios más avanzados frente a otros.

Además, desde el punto de vista estratégico o competitivo, facilita obtener productos o servicios acreditados y que puedan ser distinguidos por su alta calidad, sostenibilidad y seguridad. De esta forma, disponiendo de la correspondiente certificación y correspondiente signo distintivo identificativo, podrán ser “diferenciados” de otros; tal y como acontece en el caso de aquellos “productos ecoetiquetados” identificados mediante las reconocidas marcas oficiales de garantía de la calidad ambiental.

Por ello, se afirma que el empleo del ecodiseño y el ecoetiquetado relativo a productos o servicios quedan interrelacionado y se complementan; en suma, aportando alto valor añadido en términos ambientales o ecológicos, así también se estima desde una perspectiva económica y/o a efectos competitivos.

### 3.2. Normativa técnica aplicable: modelos-guía y certificación del ecodiseño.

En este trabajo es necesario hacer referencia a la normativa técnica aplicable en materia de ecodiseño, por cuanto, la experiencia práctica ha demostrado su utilidad y guía el sistema de certificación disponible en este campo. Con base a la misma, de este modo, se posibilita la adecuada implementación del diseño ecológico y su posible acreditación. Al respecto, en concreto, hay que destacar la normativa técnica: *UNE-EN ISO 14006:2011 de Ecodiseño*<sup>31</sup> y *Norma UNE 150301:2003 de “Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño”*<sup>32</sup>.

La guía ofrecida por esta normativa técnica resulta muy útil -tal y como ha sido señalado supra- por facilitar modelos estandarizados y el procedimiento a seguir, asimismo al objeto de poder obtener la correspondiente la certificación de conformidad con la normativa técnica aprobada y, además, ampliamente reconocida.

Ahora bien, debe señalarse que el disponer de dicha certificación relativa al ecodiseño y, por ende, del correspondiente etiquetado oficial o reconocido, también presupone el deber de probar un cumplimiento continuo y efectivo. Esto es, lo declarado se ha demostrar en la práctica. Por tanto, al obtener la acreditación se asume un *compromiso de actuación y mejora continua* por parte del agente u operador responsable (organización o empresa), tal y como se procede con respecto a otras posibles certificaciones, v.gr., procedimientos de certificación relativos al etiquetado ecológico y, de igual modo, en lo referente al sistema de ecogestión o gestión ambiental.

El mantener la vigencia de dicha certificación quedaría condicionado por este hecho o presupuesto, por lo que se requiere seguir un proceso de mejora continua y supervisión periódica. Ello, sería importante al objeto de garantizar que el producto ecodiseñado sigue cumpliendo los estándares de forma efectiva (aquellos por los que se certificó y de acuerdo con los criterios declarados en cada supuesto, categoría o grupo de productos al que pertenezca). Dicha precisión debe ser asegurada, pues, resulta esencial para generar confianza respecto al producto/empresa, asimismo, es fundamental para que el sistema de certificación habilitado mantenga la credibilidad alcanzada.

<sup>31</sup> ISO 14006:2011(es) *Sistemas de gestión ambiental - Directrices para la incorporación del ecodiseño*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14006:ed-1:v1:es:sec:4.2>; UNE-EN ISO 14006:2011 *Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño (ISO 14006:2011)*, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0048242>

<sup>32</sup> IHOBE, “Norma Ecodiseño UNE 150.301”, guía ed. IHOBE, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, noviembre 2008. Disponible en: <http://www.ihobe.net/Documentos/Eventos/MINIGUIA%20norma%20ecodise%C3%B1o%20cast.pdf> (Fecha última consulta: 31/10/2022).

Lo puntualizado, a su vez, supone que no solo sería suficiente con lo declarado inicialmente por la parte interesada y con respecto al ecodiseño del producto, ya que para su acreditación -vía certificación- se han de realizar las oportunas auditorías y seguir el correspondiente procedimiento establecido.

En todo caso, la certificación ha de ser otorgada por un organismo competente designado o reconocido oficialmente. También así se procede en relación con otros sistemas de certificación de la calidad ambiental, como son -v.gr.- por un lado, los relativos al sistema de gestión ambiental (organizaciones/empresas), vía normativa técnica ISO 14001<sup>33</sup> y compatible con el vigente Sistema previsto por el Reglamento europeo EMAS<sup>34</sup>; y, de igual modo, por otra parte, con relación a los sistemas de etiquetado ecológico de productos/servicios, vía Ecoetiquetas y declaraciones ambientales (ISO 14020, 14021, 14024 y 14025). Y con respecto al etiquetado ecológico de productos/servicios, en especial, hay que observar lo previsto por el vigente Reglamento que regula el Sistema europeo de etiquetado ecológico<sup>35</sup>.

Debe añadirse que esta normativa técnica y certificación del ecodiseño es plenamente compatible con estas otras normas técnicas/sistemas de certificación o de acreditación de la calidad ambiental (precitados), los cuales, en todo caso son de gran interés. En consecuencia, puede afirmarse que el interés práctico de la certificación del ecodiseño se suma a la relativa y ya aplicable actualmente a otros instrumentos y sistemas empleados para la gestión de la calidad ambiental. Siendo así sistemas complementarios que adecuadamente integrados y acreditados posibilitan sinergias muy positivas, importantes ventajas o beneficios.

### 3. La necesidad de adoptar un enfoque avanzado e integrador.

En consecuencia, a efectos prácticos, cabe insistir en que lo recomendable es adoptar un enfoque conjunto e integrador, implementado un sistema integrado de gestión medioambiental en la organización/empresa que sirva de base para articular -de forma bien coordinada y óptima- todas las herramientas ambientales precitadas; y, entre ellas, el ecodiseño constituye una pieza principal. Pues, solo de este modo -se infiere- se puede contar en una organización o empresa con el soporte gerencial básico, y necesario para engarzar todos los instrumentales de forma coherente, eficaz y eficiente, propiciando su engranaje adecuado y operativo. A su vez, todo ello, podrá resultar fundamental a efectos de “compliance” legal-ambiental<sup>36</sup>. Toda vez que, en efecto, la certificación es también un medio facilitador a dicho objetivo, reconocido por el Ordenamiento actual. De este modo, por ejemplo, una entidad u operador podría demostrar su compromiso ambiental “continuo y efectivo”, que sigue buenas prácticas y la debida observancia de la legislación medioambiental vigente, vía la

<sup>33</sup> ISO (Organización Internacional de Normalización), certificación conforme a la norma técnica internacional ISO 14001 - *Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)*, cfr., *ISO 14001:2015(es) Sistemas de gestión ambiental – Requisitos con orientación para su uso*. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

<sup>34</sup> EMAS: Sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales. Cfr., el vigente *Sistema Europeo de Gestión Medioambiental (EMAS)* regulado por el REGLAMENTO (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el que se derogan el Reglamento (CE) no 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión (DO. L 342/1, de 9002.21.22), asimismo el REGLAMENTO (UE) 2017/1505 de la Comisión de 28 de agosto de 2017 por el que se modifican los anexos I, II y III del Reglamento (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS). (DO. L 222/1, de 29.8.2017).

<sup>35</sup> Cfr., el vigente *Sistema europeo de etiquetado ecológico aplicable a productos y servicios*, el REGLAMENTO (CE) n.º 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009, relativo a la etiqueta ecológica de la UE (DO. L 27/1, de 30.1.2010). Nótese que, en principio, con base a esta normativa aplicable, este Sistema regulatorio, al igual que el previamente referenciado aplicable al EMAS, se configuran como sistemas de adhesión voluntaria.

<sup>36</sup> CHOZA CORDERO, A. y LOZANO LIAÑO, J., “Compliance ambiental: más allá del cumplimiento normativo como camino hacia una economía sostenible”, *Revista Aranzadi Doctrinal* n.º 11, 2021.

implementación y certificación de sus correspondientes sistemas de ecogestión, ecoetiquetado y ecodiseño<sup>37</sup>, entre otros posibles requerimientos hoy especialmente valorados.

En la práctica, en materia de gestión medioambiental, se sabe que es adoptar un enfoque avanzado, conjunto e integrador en materia de gestión medioambiental, procurando optimizar resultados. Considerando esta premisa, podría estimarse que la regulación europea del ecodiseño por sí sola no sería suficiente, salvo que se procediera a su aplicación y/o desarrollo observando también otros aspectos condicionantes. Con todo, a nuestro juicio, la integración efectiva de instrumentos ambientales, técnicos y jurídicos, así como económicos, será clave. Esto es, cabe pensar que la regulación europea del ecodiseño como “práctica obligatoria” por sí sola no sería suficiente a los pretendidos fines proclimáticos.

Por tanto, estimamos que resultaría de interés insistir en contar con el soporte gerencial y sistemático necesario, como el que aporta el vigente *Sistema europeo de gestión medioambiental (EMAS)*<sup>38</sup>. A nuestro juicio, este Sistema EMAS previsto por el Ordenamiento comunitario europeo es clave en todo caso. En consecuencia, estimamos que lo más coherente sería -a efectos prácticos- implementar este sistema en toda organización o empresa, lógicamente adaptado a cada supuesto o tipología de entidad. Ello, como se sabe ya resulta posible, aunque este modelo esté configurado por la legislación europea que lo regula -desde su génesis- como un sistema de adhesión voluntaria para cualquier tipo de entidad o empresa (incluidas, pequeñas y medianas empresas, pymes). La experiencia adquirida al respecto ha sido positiva, demostrando que la adecuada implementación del EMAS sí posibilita habilitar las distintas herramientas ambientales aplicables, también aquellas destinadas específicamente a productos/servicios. Por lo cual, queda patente que también se facilita la incorporación del ecoetiquetado y el ecodiseño relativo a productos/servicios. Todo ello, en suma, sirve para promover la “economía circular”<sup>39</sup>; esto es, no solo la herramienta del ecodiseño.

De este modo, en buena lógica, cabe pensar que también podría ser de interés hacer mayor hincapié en la incorporación básica del EMAS en las empresas, ya que es un modelo ampliamente reconocido y plenamente compatible con otros internacionales. Además, se trata del Sistema regulado y habilitado desde el propio Derecho comunitario europeo, que

<sup>37</sup> En este sentido, sobre todo, hay que destacar como la certificación ambiental EMAS y la etiqueta ecológica europea adquieren especial valor y hoy su implementación se consolida de forma cada vez más significativa en las organizaciones, según se expone en el informe emitido por el Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. En el mismo, además, se ofrecen los resultados obtenidos a 2021 y vía estas acreditaciones. Sociedad Pública Ihobe, “La etiqueta ecológica europea y el Sistema de Gestión Ambiental Europeo EMAS se consolidan entre las organizaciones vascas”, (23/05/2022), vid., IHOBE, *Informe de resultados y trabajos realizados en materia de Etiqueta Ecológica de la Unión Europea y Registro EMAS en Euskadi. Ejercicio 2021*, en: <https://www.ihobe.eus/actualidad/etiqueta-ecologica-europea-y-sistema-gestion-ambiental-europeo-emas-se-consolidan-entre-organizaciones-vascas> (Fecha último acceso: 06/12/2022)

<sup>38</sup> EMAS: Sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales. Cfr., el vigente *Sistema Europeo de Gestión Medioambiental (EMAS)* regulado por el REGLAMENTO (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el que se derogan el Reglamento (CE) no 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión (DO. L 342/1, de 9002.21.22), asimismo el REGLAMENTO (UE) 2017/1505 de la Comisión de 28 de agosto de 2017 por el que se modifican los anexos I, II y III del Reglamento (CE) n.º 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS). (DO. L 222/1, de 29.8.2017). En particular, en el precitado Reglamento EMAS (2009), se determina la noción de «sistema de gestión medioambiental» en el artículo 2 (13), de este modo ha de ser interpretado y operar como “la parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, aplicar, alcanzar, revisar y mantener la política medioambiental y gestionar los aspectos medioambientales”.

<sup>39</sup> En este sentido, precisamente, se informa desde el MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España) que “Las entidades que han adoptado este Sistema de Gestión Medioambiental ostentan el logotipo EMAS, que garantiza la fiabilidad de la información ofrecida por dichas empresas en su declaración ambiental. Hay que destacar también que El Reglamento EMAS, de carácter voluntario, ayuda a las organizaciones que lo han adoptado a contribuir al desarrollo de una Economía Circular (...)”, <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-comunitario-de-ecogestion-y-ecoauditoria-emas/> (Fecha acceso: 19/11/2022).

goza de gran trayectoria, destacando su utilidad, buena sistemática y alcance integrador, así como alto nivel de exigencia<sup>40</sup>. Si bien, en principio, ha sido configurado como un sistema de adhesión voluntaria por el legislador comunitario europeo, contar con el mismo es algo cada vez más valorado a todos los efectos. Es así reconocido como medio útil al objeto de probar que siguen buenas prácticas y observan el debido cumplimiento de la legislación vigente en materia de medio ambiente<sup>41</sup>.

El Sistema europeo EMAS, además, incluye las oportunas referencias correspondientes al ecoetiquetado y al ecodiseño de productos/servicios<sup>42</sup>, entre otros aspectos. A su vez, este modelo regulado por la legislación europea es plenamente compatible con la precitada normativa técnica ISO<sup>43</sup>. Así, cabe interpretar que el EMAS y la norma técnica ISO 14001 aportarían la base arquitectónica necesaria para también incorporar el ecodiseño, asegurando una más completa u óptima operativa.

De este modo, lo señalado puede ser principal para asegurar las estrategias emprendidas desde la UE, “proclima” y en lo relativo a promover la “economía circular”. Sin embargo, lo cierto es que el actual planteamiento europeo -en virtud del nuevo Reglamento UE propuesto- solo se focalizaría el diseño ecológico de productos como requerimiento exigido o de obligado cumplimiento, lo cual, no deja de ser algo paradójico desde nuestro punto de vista y por los argumentos expresados supra.

#### 4. REFERENCIA ESPECÍFICA A LA NORMATIVA TÉCNICA PRE-EXISTENTE Y APLICABLE.

La Norma técnica UNE 150301 de «Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño» se desarrolló en respuesta al gran interés que mostraba esta cuestión, sobre todo a partir del año 2000 y de igual modo en la actualidad. Por ello, se procedió a elaborar una normativa técnica que facilitara un modelo estandarizado a seguir por organizaciones o empresas interesadas en esta cuestión; observando que, además, era cada vez mayor el número de entidades que manifestaban su propósito de incorporar el aspecto ambiental en

el diseño de sus productos. Así, se crea esta norma con objeto de aportar un modelo estandarizado

<sup>40</sup> Para mayor detalle sobre la significación del EMAS, vid., SANTAMARÍA ARINAS, René Javier, “Novedades, incentivos y problemas jurídicos del sistema europeo de gestión y auditoría medioambientales (EMAS III)”, *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, n.º 23, 2012, pp. 293-342.

<sup>41</sup> En este sentido, por ejemplo, hay que significar como lo señalado ya queda previsto por nuestra legislación vigente en materia de contratación pública. Al respecto, cabe observar la positiva evolución del Ordenamiento de la Unión Europea y, en nuestro país, con motivo de la vigente Ley 9/2017 en materia de contratación del Sector Público. Con base a esta Ley, en la actualidad, es posible valorar la disponibilidad de un certificado ISO y/o del Sistema EMAS, “no solo como criterio de solvencia empresarial sino también como criterio de adjudicación”. Ahora bien, también ha ido señalado que “para que pueda admitirse la exigencia de estos certificados como criterio de adjudicación, es necesario que claramente vinculados con el objeto del contrato (...)”, vid., Observatorio de Contratación Pública (OBCEP), “Los certificados de calidad y de gestión medioambiental pueden ser criterios de adjudicación si están claramente vinculados con el objeto del contrato”, en: <https://www.obcp.es/monitor/los-certificados-de-calidad-y-de-gestion-medioambiental-pueden-ser-criterios-de>, fecha: 30/09/2019. Y, en concreto, analizando esta cuestión, DOPAZO FRAGUÍO, M.P., “La contratación pública como herramienta para promover la responsabilidad ambiental”, *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 11(2), 2020. <https://doi.org/10.17345/rcda2914>

<sup>42</sup> Para mayor detalle, en particular, sobre el sistema europeo de gestión medio ambiental (organizaciones/empresas) y el sistema europeo de etiquetado ecológico (productos/servicios), véase el siguiente estudio específico: DOPAZO FRAGUÍO, P., “Gestión medioambiental y etiquetado ecológico: sistemas jurídicos europeos para promover la calidad ambiental (EMAS y EEE)”, en la obra DOPAZO FRAGUÍO, P. (Dir.), *Derecho administrativo del medio ambiente: temas y prácticas de actualidad jurídica*. Ed. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Derecho, Servicio de Publicaciones, 2018. págs. 81-110.

<sup>43</sup> ISO (Organización Internacional de Normalización), certificación ISO 14001 - *Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)* es una norma internacional. El Comité ISO responsable de esta normativa técnica es el ISO/TC 207, *Gestión ambiental*, Subcomité SC 1, *Sistemas de gestión ambiental*. Vid., la norma ISO 14001:2015(es) *Sistemas de gestión ambiental – Requisitos con orientación para su uso*. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

darizado y contar con una útil descripción del sistema de gestión de ecodiseño. Esto es, para que pudiera ser implementado el ecodiseño de forma satisfactoria por aquellas empresas u operadores interesados.

Con esta normativa, se facilita la forma de proceder en orden a la evaluación y validación del sistema de gestión establecido por cada organización/empresa. Todo ello, también es importante al objeto principal de poder, vía auditoría, dictaminar su grado efectivo de cumplimiento y mejora continua. Dicha auditoría, en todo caso, ha de ser efectuada por tercera parte independiente, para validar lo declarado por la parte interesada o empresa. Y con ello, se podría acreditar que -en su caso- el sistema implementado en lo relativo al ecodiseño resulta de conformidad con dicha norma técnica. De este modo, siguiendo el procedimiento establecido, se obtendría la correspondiente certificación otorgada por organismo de certificación competente, lo cual, supone un destacado reconocimiento.

La aplicación de esta normativa técnica ha demostrado su utilidad, por lo que la *Organización Internacional para la Normalización* (ISO) procedió a la elaboración y desarrollo de una norma técnica internacional sobre ecodiseño en el seno del Comité ISO/TC 207/SC1/WG4, dando lugar a la nueva Norma Internacional aplicable al diseño ecológico. Esta norma técnica internacional, por tanto, tiene como base la citada Norma Española UNE 150301. Y, como resultado de dicho proceso de creación normativa y desarrollo técnico, se aportó la segunda norma técnica española (UNE) definitiva, y con ámbito europeo e internacional: la norma UNE-EN ISO 14006:2011.

En la actualidad, la Norma UNE-EN ISO 14006: *Sistema de Gestión Ambiental del proceso de diseño y desarrollo de productos y servicios (Ecodiseño)* constituye una herramienta técnica básica. Asimismo, útil para poder “certificar” y “distinguir” a las empresas que son innovadoras y han incorporado objetivos ambientales, ofreciendo modelos efectivos y buenas prácticas<sup>44</sup>. De esta forma, una vez obtenido el certificado de Ecodiseño de conformidad con esta normativa técnica, se podría probar que una organización ha adoptado y sigue de forma efectiva un sistema de gestión donde, en efecto, se consideran los aspectos ambientales de sus productos o servicios, aportando a su vez la necesaria información al respecto.

Por último, cabe insistir en otra ventaja que ofrece esta normativa técnica en materia de ecodiseño, esta es, su plena compatibilidad con otros sistemas de gestión de la calidad ampliamente reconocidos, como son -v.gr.- el sistema básico según la norma ISO 9001 y, sobre todo, el más completo Sistema de gestión ambiental conforme a la norma ISO 14001 previamente referenciado junto al EMAS.

## **5. VALORACIÓN INICIAL DE LA NUEVA REGULACIÓN EUROPEA PROPUESTA Y SU POSITIVA VIABILIDAD.**

Expuesta la importante funcionalidad aplicativa del diseño ecológico -principalmente, con la finalidad de obtener productos más respetuosos con el medioambiente-, el legislador europeo focaliza el interés actual en regular esta cuestión de forma prioritaria, en atención a los actuales objetivos estratégicos europeos fijados en materia de clima y energía, así como económicos.

<sup>44</sup> Cfr., *International Organization for Standardization* (ISO), ISO 14006:2020(es) *Sistemas de gestión ambiental – Directrices para incorporar el ecodiseño*. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14006:ed-2:v1:es>. Así mismo, en nuestro país, al respecto, vid., la normativa técnica complementaria a efectos de certificación de sistemas de gestión de organizaciones/empresas y distintivos de sus productos/servicios, AENOR (Comisión de Certificación): *Reglamento General de Certificación de Sistemas de Gestión y de sus marcas de conformidad* de 15/12/2020 y *Reglamento Particular para la Certificación de Ecodiseño RP-CSG-084*, Rev.00, de 12/03/2021, <https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/ecodiseno>.

El nuevo Reglamento objeto de estudio, respondería a los retos y objetivos planteados desde la UE. Así, resulta de interés conocer el escenario donde surge la propuesta de este nuevo régimen jurídico, siendo útil para valorar la motivación que la impulsa, así como estimar su posible proyección a futuro.

Al respecto, conviene analizar cuáles son los principales hitos, planes estratégicos y desafíos planteados, así como los objetivos declarados por el legislador europeo. A dicha finalidad, a continuación se citan los principales compromisos adoptados y programas marco de actuación previstos por la UE, en los que se apoya o justificaría el Reglamento sobre ecodiseño. Asimismo, dicha referencia puede servir para conocer las causas propiciatorias del nuevo enfoque preceptivo que se otorga al ecodiseño, y, con ello, razonar el significativo papel que adquiere este instrumento<sup>45</sup>. En este sentido, en particular, se hace hincapié en dos objetivos: el logro de los fines ambientales/climáticos y, a su vez, el dinamizar el modelo de economía circular propugnado desde la UE, cfr., Comisión Europea (2020): *Plan de Acción para la Economía Circular*<sup>46</sup>.

En este sentido, en particular, se alude en la propuesta de Reglamento a determinados “objetivos prioritarios” como son la transformación energética y la declaración de emergencia climática<sup>47</sup>. Ante este escenario, lógico es que desde la UE se pretenda el empleo eficiente de los recursos y reforzar la protección medioambiental. Por ello, en la actualidad -más que en el pasado- se reconoce la relevancia de estas cuestiones, por observar que son principales en interés público o colectivo. Y, como tales, han de ser atendidas actuando de forma conjunta, desde distintos frentes y a través de varias medidas de acción, al fin de abordar con acierto estos importantes retos<sup>48</sup>.

Ante la actual coyuntura de emergencia climática y energética, la Unión Europea encaminaría esta nueva normativa en consonancia con la articulación de otras actuaciones específicas destinadas a determinados sectores claves<sup>49</sup>. De este modo, entre otras medidas propuestas, se trataría de promover el diseño ecológico de productos y, con ello, la ecoinnovación industria/empresarial.

Desde esta línea de argumentación, en principio, quedaría motivado el planteamiento de esta nueva regulación. Toda vez que la pretensión principal se centraría en lo señalado supra, a saber: fomentar una innovación más sostenible, eficiente y, a su vez, mayor competitividad responsable. Por lo cual, se crea un régimen jurídico preceptivo para la incorporación del

<sup>45</sup> Su funcionalidad actual, no se reduciría a los meros aspectos formales o estéticos vinculados habitualmente al “marketing verde” o ecológico. Pues, el propio legislador europeo deja patente que el ecodiseño se configura como pieza estratégica fundamental.

<sup>46</sup> De este modo, a través de distintas acciones estratégicas -planteadas en interés colectivo o general- se pretendería, en síntesis, poder “modificar nuestras pautas de producción y consumo: El nuevo Plan de acción para la economía circular muestra el camino hacia una economía competitiva y climáticamente neutra de consumidores empoderados”, tal y como ha sido comunicado de la Comisión Europea, cfr., Comunicado Comisión Europea, Bruselas, 11 de marzo de 2020, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420)

<sup>47</sup> Sobre el proceso de transición energética y su relación con la problemática climática, vid., BELTRÁN CASTELLANOS, José Miguel, “La apuesta de la ley de cambio climático por la transición energética y los combustibles renovables”, Palomar Olmeda, A. y Terol Gómez, R. (Dir.), *Comentarios a la ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*, Thomson Reuters-Aranzadi, Cizur Menor (Navarra) 2021. pp.177-233. Y, DOPAZO FRAGUÍO, P., “Transición energética y contratación “smart energy”: ¿se abre la caja de pandora de los “PPAs”?”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N.º. 53, 2020.

<sup>48</sup> En este sentido, resulta de interés tener en cuenta los “Objetivos para 2030. Política, estrategia y legislación de la UE para los objetivos medioambientales, energéticos y climáticos para 2030”, [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/overall-targets-and-reporting/2030-targets\\_es](https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/overall-targets-and-reporting/2030-targets_es) (Fecha último acceso: 11/10/2022).

<sup>49</sup> Al respecto, véase entre otros trabajos y estudios de distintos autores, PASCUAL NÚÑEZ, M., “La evaluación de los PNIEC definitivos: la planificación sobre clima y energía como base de la recuperación económica” (Comentario), *Actualidad Jurídica Ambiental*, 23 noviembre 2020. <https://www.actualidadjuridicaambiental.com/autor/mpascual/page/5/> (Fecha consulta: 04/09/2022).

diseño ecológico como norma general a seguir. Esta sería la regla general impuesta y con el fin de asegurar su aplicación (obligatoria) a mayor número de los productos ofrecidos en el mercado interior. Pues, obsérvese que la actual Directiva 2009 sobre diseño ecológico<sup>50</sup> solo afecta a los productos relacionados con la energía, por lo que el nuevo Reglamento implicaría ir mucho más allá en esta cuestión.

### 5.1. La posible configuración del diseño ecológico como regla general y de obligado cumplimiento.

Lo argumentado permite explicar el empleo del Reglamento europeo como acto normativo elegido en esta ocasión y no ya vía directiva. Con ello, se pretende disponer de una normativa común, uniforme y vinculante en toda la UE; esto es, que resulte plenamente armonizada y de obligado cumplimiento en todos los Estados miembros, unificando criterios, siendo eficaz y sin causar eventuales distorsiones en el mercado interior.

De este modo, por esta vía regulatoria se establecerían las bases para poder generar productos más sostenibles -tanto desde la perspectiva medioambiental como económica- y, “apto” para el denominado “tráfico circular de productos” (circularidad del producto), según el modelo de economía circular propugnado, cfr., Comisión Europea (2020): *Plan de Acción para la Economía Circular*<sup>51</sup>.

En principio, estas pretensiones ambientales y económicas resultan coherentes con los objetivos comunes previstos por la UE, que podrían ser resumidos en observar tres premisas: sostenibilidad, eficiencia y circularidad en el tráfico económico. Todo ello, en plena consonancia con lo expuesto en la *Estrategia Europea 2020*<sup>52</sup>.

Asimismo, la importancia de esta cuestión también fue declarada con carácter previo, con motivo del *Plan de Acción sobre Ecoinnovación*<sup>53</sup>. Este programa estratégico está vinculado a la iniciativa marco «Unión por la innovación»<sup>54</sup> de la *Estrategia Europea 2020*<sup>55</sup> y, en la misma, se indica la contribución que puede aportar el diseño ecológico extendiéndolo a mayor número de productos en la UE. De igual modo, la aportación del ecodiseño sería relevante para facilitar el ahorro de recursos (energía, materias primas, etc.) y, a su vez, reducir los impactos ambientales o externalidades negativas que generan diversos procesos/productos. Con todo, se defiende que con la incorporación del diseño ecológico a mayor número de categorías de productos se podría obtener más productos respetuosos con el medio ambiente y la salud,

<sup>50</sup> Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (DOUE L 285, de 31.10.2009), y modificada por la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 (DOUE L 315, de 14.11.2012). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0125-20121204&from=EN>

<sup>51</sup> De este modo, a través de distintas acciones estratégicas planteadas en interés colectivo o general, se pretendería la siguiente finalidad, en síntesis, “Modificar nuestras pautas de producción y consumo: El nuevo Plan de acción para la economía circular muestra el camino hacia una economía competitiva y climáticamente neutra de consumidores empoderados”, tal y como ha sido comunicado de la Comisión Europea, cfr., Comunicado Comisión Europea, Bruselas, 11 de marzo de 2020, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420)

<sup>52</sup> Cfr., Comunicación de la Comisión Europea denominada «Europa 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador» [COM(2010) 2020 final de 3.3.2010], <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/europe-2020-the-european-union-strategy-for-growth-and-employment.html>

<sup>53</sup> Comisión Europea, «Innovación para un futuro sostenible. Plan de Acción sobre Ecoinnovación (Eco-AP)», COM (2011) 899 final, 15.12.2011.

<sup>54</sup> Comisión Europea: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, “Iniciativa emblemática de Europa 2020. Unión por la innovación”, COM (2010) 546 final. Bruselas, 6.10.2010.

<sup>55</sup> Comisión Europea: Comunicación de la Comisión Europea 2020 *Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Bruselas, 3.3.2010 COM (2010) 2020 final <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:ES:PDF>

también más eficientes y duraderos o reutilizables. En suma, se trataría de contar con productos/procesos con mayor calidad ambiental, menos contaminantes y más sostenibles.

## 5.2. Retos europeos e internacionales.

Los mencionados propósitos también fueron anunciados por la Comisión Europea en su Comunicación titulada “*El Pacto Verde Europeo*” (2019)<sup>56</sup>. En este documento, en particular, se incluía referencia expresa a la conveniencia de encaminar una nueva propuesta normativa -vía Reglamento UE- y proceder a la revisión de la actual Directiva 2009.

La Comisión Europea, en el documento titulado el “Pacto Verde Europeo” (2019)<sup>57</sup>, presentó un conjunto de propuestas y medidas destinadas a orientar el desarrollo de productos más ecológicos y, por ende, más sostenibles. Con ello, se trata de fomentar nuevos modelos productivos y de emprendimiento, destinados a generar y ofrecer productos/servicios innovadores y ecológicos. No solo se pretende modelos de negocio sostenibles y comprometidos con el medio ambiente o la calidad ambiental, también mayor competitividad.

Entre estos objetivos de mejora y compromiso ambiental, se incluyen los climáticos y energéticos, por cuanto forman parte del interés global que concurre por asegurar la protección del medio ambiente y procurar un desarrollo económico sostenible. De este modo, ya en el “Pacto Verde”, se pone de manifiesto la intención de promover los productos/servicios ecológicos -esto es, con menor impacto ambiental negativo- y, a su vez, en orden a impulsar la “economía circular”.

Lo referido, a su vez, está en plena consonancia con los compromisos internacionales adoptados; en concreto, los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* integrados en la *Agenda 2030 de Naciones Unidas (ONU)*<sup>58</sup>. En este sentido, se infiere que la nueva regulación sobre

<sup>56</sup> Cfr., Comunicación de la Comisión *El Pacto Verde Europeo*. Bruselas, 11.12.2019. COM (2019) 640 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN> En cuya introducción titulada “1. Introducción: transformación de un desafío urgente en una oportunidad única”, precisamente, se expone que este documento presenta “una hoja de ruta inicial de las políticas y medidas clave necesarias para hacer realidad el Pacto Verde Europeo” y, por tanto, “todas las actuaciones y políticas de la UE deberán contribuir a los objetivos del Pacto Verde Europeo”. De igual modo, este texto resulta coherente plenamente con los compromisos internacionales adoptados, así se precisa que “*El Pacto Verde es parte integrante de esta estrategia de la Comisión para aplicar la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (...)*”.

<sup>57</sup> En virtud de la planificación prevista en el “Pacto Verde Europeo” (UE, 2019) se establece el proceso a seguir en el modelo pretendido de “economía circular climáticamente neutra”, de acuerdo con los compromisos adoptados para combatir los efectos del cambio climático. De esta forma se trata de lograr un crecimiento económico equilibrado, teniendo en cuenta que los recursos naturales son finitos y es preciso insistir en la protección de la biodiversidad y, por ende, el medio ambiente es fundamental. Por ello, el paradigma de la economía circular podría contribuir al objetivo de protección y alcanzar la “neutralidad climática” en 2050. Ya que, además, se sabe que la acción humana es en gran medida la causante del cambio climático, por ello, se ha de reducir la generación de emisiones contaminantes. Así pues, se fijan unos plazos y medidas a fin de disminuir los gases de efecto invernadero, los cuales, afectan a la biodiversidad y los recursos naturales principales. Y, para ello, se apuesta por incrementar el empleo de las energías renovables y, de ahí, el proceso de transición energética emprendido. La cuestión climática ha sido calificada por la UE como “emergencia” y, en consecuencia, hoy queda claro que el atender la cuestión climática es un objetivo prioritario, de interés público o colectivo, debiéndose ejecutar de forma pronta y eficaz las necesarias acciones para mitigar sus efectos y, de igual modo, para adaptarnos a ellos. Además, en el precitado instrumento se argumenta que la economía circular procurará oportunidades y beneficios que podrán ser tangibles y evaluables como, por ej., incrementar el crecimiento económico, PIB, empleo, etc. COMISIÓN EUROPEA: Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *El Pacto Verde Europeo*. COM/2019/640 final. Bruselas, 11.12.2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ES>

<sup>58</sup> Los denominados “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS), impulsados desde la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2015). Esta declaración de 17 objetivos internacionales son parte de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, adoptada el 25 de septiembre de 2015 por la Asamblea General de la ONU como “plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad”, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>. Se trata de 17 objetivos muy ambiciosos, los cuales, se pretendían alcanzar en 15 años de acuerdo con la planificación trazada. No obstante, a fecha actual, lo cierto es que aún queda por avanzar en la ejecución de las acciones propuestas. Por

ecodiseño podría ofrecer una oportunidad para avanzar en la ejecución de dichos objetivos globales o, al menos, con esta pretensión ha sido planteada por el actual legislador europeo.

En todo caso, se reconoce que estamos ante una situación compleja, donde confluyen diversos procesos de transformación estratégica, acciones y medidas específicas. Los desafíos ambientales/climáticos y energéticos que deben ser afrontados son, sin duda, muy importantes. Por ello, las estrategias trazadas han de ser eficaces al fin de alcanzar los objetivos previstos con celeridad. Asimismo, resulta preciso insistir en la debida capacitación de los distintos agentes económicos, empresas y consumidores en atención a las premisas y objetivos de este nuevo modelo de economía. Pues, debemos estar preparados ante los cambios en curso. En este mismo sentido, cabe referir lo concerniente al proceso de transición energética en curso<sup>59</sup>.

En este contexto descrito, en concreto, la Comisión adoptó el “*paquete de medidas para hacer que los productos sostenibles sean la norma en la UE*” (30 de marzo de 2022), que abarca diferentes medidas propuestas para cumplir con los objetivos del Pacto Verde Europeo. Con base al mismo, se encaminan las principales líneas de acción estratégica para “transformar la UE en una sociedad más justa y próspera y para aplicar los capítulos clave del Plan de Acción para la Economía Circular de 2020”. En especial, se destaca la necesidad de alcanzar los objetivos ambientales y climáticos, entre otras vías, mediante el incremento de la circularidad de materiales o productos, lo cual, también posibilitaría el mayor aprovechamiento de recursos y la eficiencia energética. Y, este reto, pretende ser alcanzado para 2030.

Conforme a lo declarado, precisamente, se significa el objetivo de ofrecer productos más duraderos, circulares en el tráfico y sostenibles. Así, el “paquete de medidas propuestas” por la UE tiene como denominador común: el logro de “productos sostenibles, fomentar los modelos de negocio circulares y capacitar a los consumidores de cara a la transición ecológica”. Este objetivo se declara por la Comisión Europea en el documento “*Hacer que los productos sostenibles sean la norma*” (30 de marzo de 2022)<sup>60</sup>. Y, a dicho fin, las principales acciones propuestas -en síntesis- son: (1) Implantar el ecodiseño de productos como medio para reducir el impacto ambiental de los productos. (2) Insistir en el deber de transparencia, facilitando información detallada sobre las propiedades relativas a la sostenibilidad de los productos. (3) Reducir la eliminación de aquellos productos de consumo no vendidos, no comercializados o no utilizados. (4) Promover buenas prácticas de producción, distribución comercial y consumo responsable. (5) Implementar “modelos de negocio sostenibles”. (6) Reforzar la contratación pública verde o ecológica.

Todo ello, por tanto, resulta de sumo interés en aras de alcanzar un crecimiento económico sostenible y competitivo<sup>61</sup>. A dichos efectos, se razona que el principal interés europeo se centre ahora también en fomentar la ecoinnovación. El diseño ecológico de productos se configura como pieza clave. En atención a lo señalado, la propuesta de Reglamento sobre el

---

ello, se deberá seguir progresando para que pueda ser viable su logro en 2030. Sobre los ODS, vid., <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/> (Fecha última consulta: 04/08/2023).

<sup>59</sup> Para mayor detalle sobre las implicaciones del proceso de transición energética y el impulso dado a las energías renovables ante el desafío climático, vid., los trabajos previos publicados por esta autora, DOPAZO FRAGUÍO, P., “La renovación energética ante el cambio climático: marco estratégico, instrumentos y prácticas”, *Actualidad Jurídica Ambiental*, N.º 98 (Febrero), 2020, pp. 6-42. Disponible en: [https://www.actualidadjuridicambiental.com/wp-content/uploads/2020/02/2020\\_02\\_03\\_Dopazo\\_Renovacion-energetica-cambio-climatico.pdf](https://www.actualidadjuridicambiental.com/wp-content/uploads/2020/02/2020_02_03_Dopazo_Renovacion-energetica-cambio-climatico.pdf).

<sup>60</sup> Al respecto, vid., Comisión Europea: “Sobre productos sostenibles. Visión general de las medidas de la UE para hacer que los productos sostenibles sean la norma en la UE”, en: [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/about-sustainable-products\\_es](https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/about-sustainable-products_es)

<sup>61</sup> Vid., Comisión Europea: “Pacto Verde: nuevas propuestas para hacer de los productos sostenibles la norma y fomentar la independencia de Europa en materia de recursos”. Bruselas, 30 de marzo de 2022, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_22\\_2013](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_2013)

diseño ecológico de productos sostenibles se plantea por la Comisión Europea como un pilar básico, donde se sustentaría esta planificación programada y orientada a los objetivos citados.

Así pues, estamos ante la firme decisión de impulsar una nueva generación de productos más sostenibles y circulares a partir del ecodiseño impuesto como regla o norma general. Con ello, se supera lo previsto en la Directiva 2009/125/CE sobre diseño ecológico (destinada a productos relativos a la energía), la cual, sirve como punto de partida y a la que sustituiría el nuevo Reglamento UE. No obstante, la Directiva 2009 seguirá siendo el marco normativo que regirá y opera como régimen transitorio hasta que definitivamente entre en vigor el nuevo Reglamento. Asimismo, procederá la ejecución de las medidas dictadas de acuerdo con el actual *Plan de Trabajo sobre Diseño Ecológico y Etiquetado Energético 2022-2024*, de 30 de marzo de 2022<sup>62</sup>.

### 5.3. Economía circular y pro-climática.

El Reglamento sobre ecodiseño, desde su planteamiento y propuesta, forma parte del “Paquete de Economía Circular I”, por lo que esta normativa se concibe como una de las piezas principales para desarrollar productos más sostenibles y “circulares”. Esto es, con ello, se pretende propiciar el denominado “tráfico circular” de los mismos, según las premisas del modelo de economía circular propugnado desde la UE, cfr., Comisión Europea (2020): *Plan de Acción para la Economía Circular*<sup>63</sup>.

Este Plan de Acción para la Economía Circular tiene como objetivo el promover prácticas lideradas por aquellos agentes y sectores que ofrezcan “productos sostenibles y climáticamente neutros”, por lo que desde las políticas públicas se han de orientar tres líneas de acción principales, a saber: (i) incentivar la eco-innovación y el ecodiseño de productos; (ii) protección y empoderamiento del consumidor; (iii) incrementar la compra verde y la contratación pública ecológica por parte de las Administraciones y resto de entidades integrantes del Sector Público; y (iv) promover la circularidad de productos y redes colaborativas en los procesos productivos.

En particular, se pone de manifiesto la importancia económica que adquiere el ecodiseño de productos como instrumento útil. De ahí, el interés por ampliar su ámbito de aplicación a nuevas categorías o clases de productos, con base al argumento de los beneficios que ello aportaría. Obsérvese que, además, con el nuevo Reglamento -como ha sido avanzado- se contaría con una normativa vinculante y directamente aplicable en todo el territorio de la UE. Así, este régimen jurídico previsto no se configura como un sistema de adhesión voluntaria para empresas (fabricantes, distribuidores, otros agentes), y sí como un régimen de cumplimiento obligatorio. Por lo cual, estos sujetos quedarían sometidos al mismo, en el ámbito o ejercicio de las correspondientes actividades económicas, productivas, industriales o de distribución comercial que se operen.

De igual modo, se debe tener presente que esta preceptiva regulación sería aplicable a la mayoría de los productos, *salvo* aquellas excepciones previstas de forma expresa. Por lo cual, el nuevo régimen planteado afectaría a diversos sectores y ámbitos de la economía. Esto no

<sup>62</sup> Comunicación de la Comisión, Plan de Trabajo sobre Diseño Ecológico y Etiquetado Energético 2022-2024 (2022/C 182/01). C 182/1, de 4.5.2022, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0504\(01\)&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0504(01)&from=ES)

<sup>63</sup> De este modo, a través de distintas acciones estratégicas planteadas en interés colectivo o general, se pretendería la siguiente la finalidad, en síntesis, “Modificar nuestras pautas de producción y consumo: El nuevo Plan de acción para la economía circular muestra el camino hacia una economía competitiva y climáticamente neutra de consumidores empoderados”, tal y como ha sido comunicado de la Comisión Europea, cfr., Comunicado Comisión Europea, Bruselas, 11 de marzo de 2020, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420)

es un tema baladí, ya que podría conllevar cambios o las mejoras necesarias en los actuales modelos de gestión y sistemas productivos, que convendrá planificar con tiempo previo que posibilite adaptarse, habilitando los oportunos medios o recursos.

Dentro del amplio conjunto de medidas previstas, se hace expresa referencia a determinados sectores industriales. En particular, la Propuesta de Reglamento anuncia la revisión del actual *Reglamento de Productos de la Construcción (CPR)*<sup>64</sup>. Y, por otra parte, al sector textil, se fija la nueva estrategia de sostenibilidad destinada al *sector de la industria textil*<sup>65</sup>.

Con esta última, por ejemplo, se pretende contar con productos textiles sostenibles y circulares, **implementando las condiciones necesarias para reducir el impacto de la industria sobre el medio ambiente**. Esta “**reforma circular del textil**”, también mediante la **aplicación de algunos principios de la economía circular**, facilitaría -según se espera- otros aspectos de interés, como son aquellos relativos a la selección de las materias primas empleadas y su mejor aprovechamiento, la adecuada gestión de residuos, entre otros. A su vez, sirve para promover la innovación en materiales, productos y procesos de producción. Por otra parte, también puede ser beneficioso para fomentar la “**compra/consumo responsable**”<sup>66</sup>.

## 6. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES INNOVACIONES TÉCNICAS Y JURÍDICAS ENCAMINADAS DESDE LA UNIÓN EUROPEA.

La propuesta de Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles<sup>67</sup> puede ser calificada como “pieza básica” para lograr disponer de productos más sostenibles, desde el punto de vista medioambiental y “circulares”. Se trata de una muy importante renovación de la normativa europea actual, la Directiva 2009 sobre diseño ecológico<sup>68</sup> y, a la cual, el nuevo Reglamento vendría a sustituir (Artículo 70 de la propuesta de Reglamento). Así, mediante el Reglamento (UE) 2022, se procede a una destacada revisión y actualización de la Directiva 2009, incorporando novedades regulatorias muy significativas.

En especial, resultan de sumo interés las relativas a los siguientes aspectos: (1) Ampliación del ámbito de aplicación a nuevos productos/sectores. Al respecto, nótese que la actual normativa europea -Directiva 2009- solo afecta a productos energéticos o relacionados con la energía. (2) Configuración del diseño ecológico como un requerimiento exigible. (3) Determinación de los criterios ecológicos requeridos y no solo con respecto al aspecto ambiental, también en lo relativo a la sostenibilidad, el rendimiento y eficiencia energética del producto,

<sup>64</sup> Reglamento (UE) N° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo (DOUE L 55/5, de 4.4.2011). Para mayor detalle sobre esta normativa específica, vid., <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/productosindustriales/Productos-de-la-Construccion/Paginas/Reglamento-Europeo-Productos-Construccion.aspx>

<sup>65</sup> Sobre este punto, cfr., Comisión Europea: Comunicación de la Comisión Europea al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Estrategia para la circularidad y sostenibilidad de los productos textiles*. Bruselas, 30.3.2022. COM(2022) 141 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0141&from=EN> Siendo así marcada la hoja de ruta para el 2030, “Estrategia de la UE para los productos textiles sostenibles”, [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-Estrategia-de-la-UE-para-los-productos-textiles-sostenibles\\_es](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-Estrategia-de-la-UE-para-los-productos-textiles-sostenibles_es)

<sup>66</sup> Al respecto, para mayor detalle, vid., *The European Commission adopted the new circular economy action plan (CEAP)*, Comisión Europea, marzo 2020, [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_es](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_es) (Fecha último acceso: 27/10/2022).

<sup>67</sup> Vid., *Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva 2009/125/CE*. Bruselas, 30.3.2022. COM (2022) 142 final.

<sup>68</sup> Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (DOUE L 285, de 31.10.2009), y modificada por la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 (DOUE L 315, de 14.11.2012). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0125-20121204&from=EN>

asimismo, por lo que respecta a su circularidad. Esto es, considerando su potencial “condición” o “aptitud” para operar según los presupuestos de la economía circular. (4) Por lo que se refiere a los presupuestos ambientales/climáticos, son varios los aspectos que se podrán evaluar y/o requerir para acreditar el menor impacto ambiental del producto; tales como -v.gr.-, menor nivel de emisión, contribución a la reducción de la “huella de carbono”, entre otros. Todo ello, en principio, según dicta la legislación vigente y, a su vez, orientan los objetivos estratégicos marcados por la UE en materia de energía y lucha contra el cambio climático<sup>69</sup>.

En consecuencia, el nuevo Reglamento configura un marco regulador básico que determina el régimen aplicable en materia específica de ecodiseño, fijando las bases comunes para determinar los criterios exigibles y requisitos que deberán luego ser concretados para las distintas categorías de productos. Por lo cual, a partir del mismo, sería necesario su posterior concreción o desarrollo, vía los oportunos *actos de ejecución* y, en su caso, *actos delegados*<sup>70</sup>, según lo previsto inicialmente en el texto del Reglamento.

En todo caso, con base a este nuevo régimen, el diseño ecológico de productos se perfila como un aspecto principal, que deberá ser observado de forma obligada y con respecto a la mayoría de los productos fabricados y/o distribuidos en la UE. Por tanto, la implementación de esta herramienta ambiental, vía el empleo de metodología específica sería un presupuesto necesario. Esto es, a tenor del texto de este nuevo marco regulador, podría ser un requerimiento técnico y legal exigido o exigible. Y, por ende, ya no se trataría solo de algo voluntario o que se decide incorporar por cada agente o empresa en aras de demostrar su compromiso ambiental.

Se infiere que a través del ecodiseño, se procederá a identificar productos ecológicos -o grupos específicos de productos- cuyo tráfico comercial fuera apropiado para el modelo de economía circular que se promueve desde la UE. Y, sobre todo, la identificación de productos ecológicos, caracterizados por generar menor impacto ambiental, asegurando un rendimiento energético más eficiente, entre otras posibles cualidades que redunden en procurar tanto la calidad como la sostenibilidad. A dichos efectos, en esta regulación se predeterminan un conjunto de requisitos básicos y de obligado cumplimiento común, como serían -por ejemplo- aquellos relativos al rendimiento. Unido a ello, también se establece el deber de facilitar información completa sobre el producto fabricado/distribuido.

Esta nueva normativa abarcaría a gran número de grupos de productos presentes en el mercado o comercializados, salvo algunas excepciones, supuestos de categorías de productos, como son medicamentos y alimentos u otros excluidos de forma expresa (y/o no sujetos a este régimen)<sup>71</sup>. Por otra parte, también se establece la posibilidad de aplicar criterios compartidos

<sup>69</sup> La actual política europea de cambio climático se concretaría a través de los “paquetes legislativos” aprobados hasta el momento. En particular, destaca el *Paquete 2020 de Energía y Cambio Climático* y el *Marco de Energía y Clima a 2030*, orientado a lograr la descarbonización de la economía y poder ser “resilientes” ante los efectos climáticos (cfr., en concreto, el “Objetivo 55” de este Marco 2030 de Energía y Clima). Así, el Consejo Europeo de octubre de 2014, determinó por acuerdo el marco de actuación europeo a seguir y objetivos previstos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que, por ende, también afectan a la economía. Información disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/la-union-europea/> (Fecha último acceso: 17/10/2022).

<sup>70</sup> Sobre la noción y diferenciación entre actos de ejecución y actos delegados, vid., [https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/adopting-eu-law/implementing-and-delegated-acts\\_es](https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/adopting-eu-law/implementing-and-delegated-acts_es)

<sup>71</sup> Lo señalado se razona bien porque tanto alimentos como medicamentos ya disponen de una normativa muy completa y específica. Al respecto, rige el Reglamento (CE) N.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. (DOUE L 31/1, de 1.2.2002).

en el caso de aquellas categorías de productos con características similares<sup>72</sup>, conforme queda previsto en el texto de la propuesta de Reglamento.

En suma, el nuevo Reglamento aporta novedades normativas de indudable impacto. Y, entre otras medidas, destacan aquellas orientadas a tratar cuestiones principales, como son: procurar la generación de productos con menor impacto ambiental, energéticamente eficientes, duraderos, reutilizables o que puedan ser “reacondicionados”, tratando así también de evitar -o reducir- la eliminación injustificada de materiales y bienes de consumo. De igual modo, se añaden otras posibles acciones de interés, relativas a poder reforzar la contratación pública ecológica y la conocida como “compra verde”. Agregado a todo ello, cabe pensar que a futuro se podrían encaminar otras medidas, como pudieran ser habilitar programas de ayudas públicas o incentivos destinados a fomentar la producción/distribución y/o la “compra verde” de productos sostenibles, etc.

En todo caso, conviene advertir sobre la diversidad de normas europeas que concurren en la actualidad y relativas al etiquetado de productos/servicios, lo cual, puede resultar problemático. Por ello, se puntualiza que “el Reglamento sobre etiquetado energético seguirá aplicándose a los productos relacionados con la energía simultáneamente con el Reglamento propuesto”. Con todo, resultará importante asegurar la debida coherencia entre los distintos sistemas de etiquetado o eco-etiquetado aplicables, procurando las debidas garantías, transparencia y máxima seguridad jurídica.

## 6.1. Principales novedades.

La propuesta de Reglamento (marzo 2022), según queda patente, supone una relevante iniciativa legislativa de la Comisión europea y surge con el propósito de revisar y ampliar el ámbito de la actual Directiva 2009. Además, se trata de establecer una avanzada normativa común, uniforme y vinculante en materia de ecodiseño y ecoetiquetado de productos. De este modo, los objetivos de esta Propuesta son coherentes con lo previamente anunciado y lo declarado con motivo de la presentación del citado *Pacto Verde Europeo* (2019).

Los objetivos principales del nuevo Reglamento sobre ecodiseño son, en síntesis: generar productos y procesos más sostenibles, minimizar el impacto ambiental y, por ende, las externalidades económicas negativas que pueden producir los productos a lo largo de todo su ciclo de vida.

A dichos efectos, es principal el disponer de productos/servicios de mejor calidad ambiental<sup>73</sup> y reforzar la eficiencia energética. En consecuencia, en resumen, podría señalarse que se pretende promover una economía sostenible, circular y colaborativa, siendo a su vez competitiva. No obstante, también cabe advertir sobre la posible complejidad aplicativa de esta nueva normativa. Y, precisamente, con respecto a esta apreciación conviene tener en cuenta las previas observaciones realizadas en el *Dictamen emitido por el Comité Económico y Social Europeo*<sup>74</sup>.

## 6.2. Aportaciones relevantes de la regulación proyectada.

<sup>72</sup> En este sentido, vid., Comisión Europea, “Diseño ecológico para productos sostenibles. El nuevo Reglamento mejorará la circularidad, el rendimiento energético y otros aspectos de la sostenibilidad medioambiental de los productos de la UE”, [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products\\_es](https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products_es) (Fecha último acceso: 17/10/2022).

<sup>73</sup> Véase la Exposición de motivos, texto de la Propuesta de Reglamento (p. 3) presentada por la Comisión Europea.

<sup>74</sup> Cfr., Dictamen del Comité Económico y Social Europeo (aprobado en el Pleno, 14/07/2022), *Iniciativa sobre productos sostenibles, incluida una revisión de la Directiva de diseño ecológico*, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones || *Hacer que los productos sostenibles sean la norma* [COM (2022) 140 final].

Las nuevas medidas previstas para el diseño de productos sostenibles están destinadas a procurar que los productos resulten satisfactorios; esto es, resulten *adecuados para una economía climáticamente neutra, eficiente en el uso de los recursos y circular*. Por su especial interés, hay que reseñar los siguientes contenidos del nuevo Reglamento UE sobre diseño ecológico:

1. Objeto y ámbito de aplicación previsto con carácter general (artículo 1).
2. La determinación del nuevo marco de requisitos que serán exigidos (o exigibles) en materia de diseño ecológico.
3. La creación de un soporte documental e informativo obligatorio, el denominado “*pasaporte europeo digital del producto*”.
4. La prohibición de eliminación de productos no comercializados y/o no vendidos.
5. La preidentificación de aspectos o propiedades del producto relacionadas con los requisitos de diseño ecológico, que se establecen como básicos; tales serían -por ejemplo- aquellos relativo a su uso, duración, fiabilidad, rendimiento, eficiencia energética y en lo relativo al empleo de recursos, sus posibilidades de mantenimiento, reparación o reacondicionamiento, suministros, reutilización, reciclado y reducción/eliminación de residuos, la presencia o no de posibles sustancias que implicaran riesgos para la salud o el medio ambiente.
6. La definición y concreción de cada uno de estos valores será algo necesario en la práctica. En este sentido, será clave fijar unos claros criterios para cada categoría de productos y asegurar que el sistema propuesto sea ejecutado de forma uniforme.
7. El establecimiento de medidas específicas con respecto a la posible eliminación de aquellos bienes de consumo que finalmente no fueran distribuidos.

Con respecto a la determinación de los requisitos de ecodiseño, cabe destacar que el Reglamento UE se refiere a esta cuestión con carácter general. Determinando que para adoptar y concretar su definición se han de tener en cuenta ciertas cualidades o aspectos que realmente supongan aportaciones o mejoras. A su vez, estos requisitos se han de fijar por categorías de productos, y como tales serán susceptibles de aplicación por grupos de productos específicos, previamente definidos y/o también de forma análoga o compartida “de un modo horizontal” con otros posibles productos, cuando así pudiera observarse que concurren las necesarias similitudes técnicas y operativas.

De igual modo, en este texto normativo se detallan algunos requerimientos en cuanto al rendimiento del producto (“*requisitos de rendimiento*”) y, además, se insiste en el deber de transparencia informativa. Al respecto, queda previsto la obligación de ofrecer una serie de “*requisitos de información*”.

Sumado a lo expuesto, también presenta especial interés el conjunto de presupuestos o condiciones que deberán regir para proceder a la debida formulación de los requisitos de diseño ecológico y criterios aplicables. En dicha labor, el papel de la Comisión será principal y, de igual modo -se infiere- que será imprescindible contar con la cooperación activa de los distintos agentes y sectores implicados, v.gr., empresas, fabricantes, autoridades nacionales. Asimismo, por lo que respecta a la debida acreditación y/o verificación del cumplimiento efectivo de los requisitos ecológicos establecidos en los productos.

Se incorporan otras acciones específicas previstas, como son las relativas a la revisión del Reglamento de Productos de la Construcción (*Construction Products Regulation, CPR*)<sup>75</sup> y, por otra parte, en lo relativo al sector textil y para promover “textiles más sostenibles” son previstas nuevas medidas. Por último, se hace referencia a la posibilidad de fomentar otras posibles acciones para lograr “empoderar a los consumidores”, sobre todo en orden a conseguir avanzar en el posicionamiento de lo “ecológico” y luchar de forma conjunta contra eventuales prácticas de marketing ilícitas, por ejemplo, aquellas usadas en publicidad o comunicación de sus productos por algunas empresas con objeto de ofrecer un “lavado de imagen verde” o “greenwashing”.

### 6.3. Nuevas medidas para la identificación y el control de los productos.

Una de las principales novedades previstas en esta normativa es la relativa a la creación y regulación de los denominados “*pasaportes europeos digitales de productos*”, lo cual, facilitará la identificación y el control de cumplimiento legal en cada caso. Este nuevo pasaporte para productos posibilitaría disponer de información veraz, documentada y registrada sobre las propiedades de productos y su posible contribución a la “sostenibilidad ambiental”. Con ello, se trataría de contar con los datos necesarios sobre los productos para que consumidores, entidades públicas y privadas o empresas puedan decidir y seleccionar aquellos que fueran óptimos o de su interés.

Este “documento digital” podría tener una importante función informadora o, incluso, acreditativa. A su vez, cabe pensar que será útil para facilitar las funciones de control y/o supervisión que corresponden a las autoridades competentes. Al respecto, en concreto, se establecen los requisitos y el contenido de información que requiere dicho pasaporte, su posible documentación y condiciones de acceso. De igual modo, se regula cómo operaría, los requisitos generales y aquellos técnicos relativos al diseño ecológico del producto, así como en orden a su funcionamiento, identificadores necesarios, constancia del operador, instalación, entre otros posibles. También, se hace expresa referencia a la creación de un registro específico. Por último, quedan previstas algunas medidas destinadas a facilitar la actividad de control correspondiente a las autoridades aduaneras.

La transparencia informativa que se exige podría ser un factor decisivo para el éxito de este nuevo régimen previsto, toda vez que los requisitos de información específicos que se requiere aportar -relativos a los productos- también facilitarían mayor conocimiento y garantía a los consumidores. De esta forma, por ejemplo, antes de adquirir un producto sería posible conocer su impacto medioambiental y, en consecuencia, adoptar aquella decisión de compra más oportuna o responsable. Además, la debida observancia de este deber informativo servirá para tener una “información veraz” y “en tiempo real” sobre otros aspectos característicos del producto, como pueden ser aquellos relativos al rendimiento, posibilidades de reparación o reacondicionamiento, reciclado y también, acerca de materiales y sustancias de riesgo, etc.

El objetivo de esta medida es contar con una identificación completa del producto, así como facilitar aquellos datos que resulten necesarios y útiles. Con este propósito, se establece que todos los productos sujetos a esta regulación deberán contar con su correspondiente identificación, vía estos “*pasaportes digitales de productos*”.

<sup>75</sup> Reglamento (UE) N° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo (DOUE L 55/5, de 4.4.2011). Para mayor detalle sobre esta normativa y aquella relacionada, vid., <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/productosindustriales/Productos-de-la-Construccion/Paginas/Reglamento-Europeo-Productos-Construccion.aspx>

Dicho documento digital de identificación e información también facilitará su reparación o reciclado, así como el mejor control o seguimiento de las posibles sustancias nocivas o que presenten riesgos. Pues, la información debería ofrecerse desde el origen y en atención a la cadena de suministro. El considerar todo el ciclo de vida del producto es, por tanto, algo fundamental. Además, los requisitos de información específicos que se requiere aportar garantizarían que se conozca el impacto medioambiental del producto en orden a decidir sobre su posible adquisición en cada caso. Y, de este modo, también se facilitaría una mejor planificación y aplicación de los recursos económicos o financieros disponibles.

Por último, cabe hacer mención, al actual *Plan de trabajo previsto en materia de diseño ecológico y etiquetado energético para 2022-2024*<sup>76</sup>, ya que conforme al mismo se pueden adoptar medidas transitorias hasta la plena vigencia del nuevo Reglamento. De igual modo, mediante este plan de trabajo se encamina la programación para la efectiva aplicación del nuevo régimen, haciendo así referencia expresa a los productos relacionados con la energía y también a productos electrónicos, entre otros. Al respecto, se fijan determinados requisitos que podrán ser exigibles en este período transitorio. Si bien, cabe precisar que este plan de trabajo se refiere -sobre todo- a productos electrónicos, la denominada “electrónica de consumo”, por ser productos cuyos residuos se incrementan de forma notable (por ej., teléfonos inteligentes, tabletas, paneles solares, etc.).

#### **6.4. Actualidad jurídica de interés (referencia al informe de la Comisión ENVI, 2023).**

Hay que realizar expresa referencia la información publicada a fecha de 12 de julio de 2023, relativa a la aprobación por el Parlamento europeo del texto del Reglamentos sobre diseño ecológico. Si bien, también considerando las mencionadas aportaciones que han sido posteriormente realizadas al texto inicial presentado por la Comisión, por lo que resulta de sumo interés consultar la decisión emitida por el Parlamento Europeo<sup>77</sup> y la expresa referencia al informe aprobado por su Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria (ENVI)<sup>78</sup>. De este modo, el informe resultante de la votación supone la posición adoptada por el Parlamento Europeo y respecto al Consejo, el cual, ya ofreció su inicial posición -“orientación general”- el pasado mayo 2023<sup>79</sup>.

Especial interés presenta el informe de la Comisión ENVI<sup>80</sup> de 15 de junio de 2023, donde se realizan aportaciones al texto inicial del Reglamento planteado por la Comisión Europea. Con ello, se trata de mejorar y ofrecer mayor viabilidad a la nueva regulación;

<sup>76</sup> Comunicación de la Comisión. Plan de Trabajo sobre Diseño Ecológico y Etiquetado Energético 2022-2024 (DOUE C 182/01, 4.5.2022).

<sup>77</sup> Cfr., Parlamento Europeo, Textos aprobados, P9\_TA (2023)0272 - *Reglamento sobre diseño ecológico*. Estrasburgo, 12 de julio de 2023. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria PE738.753 [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0272_ES.html)

<sup>78</sup> En junio de 2023, la Comisión de Medio Ambiente emitió el correspondiente informe, se define la posición del Parlamento, por lo cual, dichas aportaciones resultan de gran interés para observar cómo se encamina esta nueva legislación europea. Al respecto, vid., Parlamento Europeo, Informe - A9-0218/2023. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria (Ponente: Alessandra Moretti), fecha: 22.6.2023, *INFORME sobre la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles y se deroga la Directiva 2009/125/CE*. (COM (2022) 0142 - C90132/2022 - 2022/0095(COD)), en: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218\\_ES.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218_ES.html). Resulta de interés la consulta del Informe emitido en primera lectura: 2022/0095(COD), Comisión competente para el fondo: ENVI, Ponente: Alessandra Moretti (S&D, Italia). [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS\\_ATA\(2023\)751382\\_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS_ATA(2023)751382_ES.pdf)

<sup>79</sup> Cf., Consejo de la UE, “Reglamento sobre Diseño Ecológico: el Consejo adopta su posición”, Comunicado de 22 de mayo de 2023, en: [https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/?utm\\_source=dsms-auto&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Ecodesign+regulation:+Council+adopts+position](https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/05/22/ecodesign-regulation-council-adopts-position/?utm_source=dsms-auto&utm_medium=email&utm_campaign=Ecodesign+regulation:+Council+adopts+position)

<sup>80</sup> Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria (ENVI), vid., [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS\\_ATA\(2023\)751382\\_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/751382/EPRS_ATA(2023)751382_ES.pdf)

incluso, finalmente, han sido incorporadas nuevas disposiciones para el texto definitivo del Reglamento UE<sup>81</sup>.

En la actualidad, el “plan de trabajo” ya trazado para 2024-2027 otorga preferencia para establecer los requisitos de diseño ecológico a una serie de productos, como son: los textiles, en especial, prendas de vestir y calzado; hierro; acero; aluminio; muebles, neumáticos; detergentes; pinturas; lubricantes; otros productos químicos; productos relacionados con la energía y productos electrónicos.

Además, se advierte sobre la necesidad de asegurar que al fijar los requisitos los fabricantes puedan adaptarse y cumplir con los requerimientos; asimismo, convendrá prevenir que los productos ofrecidos en el mercado no resulten deficientes ni obsoletos.

Se estima de interés conceder un período de adaptación para cumplir adecuadamente con la nueva legislación. En previsión, se establece un año desde la entrada en vigor del nuevo Reglamento, tras dicho plazo quedaría prohibido la eliminación o destrucción por las empresas de aquellos productos textiles, calzado, eléctricos, electrónicos u otros que no fueran vendidos; pero, esta medida no sería aún aplicable a las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Por otra parte, se subraya que resultaría de sumo interés la habilitación de una plataforma pública en línea por la Comisión Europea, como vía para facilitar la consulta automática de información y que todos los interesados puedan acceder y verificar todo lo relativo a la identificación de productos; en concreto, lo referente al nuevo “pasaporte digital del producto”. Desde luego, ello sería de gran utilidad para los consumidores y también para otros agentes o grupos de interés. Asimismo, aquellos datos o información importante al estar relacionada con la calidad, sanitaria, seguridad del producto, debería figurar físicamente y ser aportada junto al producto. Esto es, no solo accesible mediante su consulta electrónica. Por ello, se indica el interés de suministrarse en otro formato y no solo digital.

De este modo, se trata de garantizar el efectivo derecho de acceso a todos los interesados, consumidores/usuarios o destinatarios finales de los productos. También, desde la Comisión ENVI, se incorporan nuevos contenidos normativos, con objeto de configurar preceptos que incrementen la transparencia informativa y con relación a la actividad desarrollada por el nuevo Foro Consultivo sobre Diseño Ecológico. En este sentido, por ejemplo, resulta de interés que desde este Foro se puedan plantear iniciativas o solicitudes a la Comisión en materia de elaboración de criterios o requisitos de diseño ecológico para determinadas categorías de productos o para un grupo de productos, según resultara necesario o se considere oportuno en cada supuesto.

Hay que destacar la incorporación de nuevos preceptos de interés para la tutela de los consumidores, en aras de asegurar la defensa de sus derechos y reforzar garantías. Así, por ejemplo, se añaden disposiciones relativas a los recursos disponibles para los interesados ante supuestos de aquellos productos que no cumplan con la legislación o se detectara que no observan los exigidos requisitos de diseño ecológico.

<sup>81</sup> Al respecto, vid., Parlamento Europeo, *DRAFT EUROPEAN PARLIAMENT LEGISLATIVE RESOLUTION on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for setting eco-design requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC (COM (2022) 0142*. Fecha: 22.6.2023, [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0218_EN.pdf)

## CONCLUSIÓN.

El nuevo Reglamento UE planteado en materia de diseño ecológico representa un gran avance respecto a la normativa europea preexistente en este terreno (referenciada infra). Por tanto, supone dar un paso más y muy ambicioso para que el ecodiseño se imponga a la mayoría de los productos fabricados y/o distribuidos en el mercado UE.

A tenor del nuevo texto normativo, resulta evidente que el diseño ecológico de productos pasaría a convertirse en una pieza clave, toda vez que se focaliza como un aspecto de necesaria observancia y, por ende, podrá ser exigible como norma general a seguir o que deberá cumplirse para la posible “circulación” de los productos en el tráfico jurídico, económico o mercantil.

Se advierte un cambio importante en el enfoque normativo que esta cuestión recibe, posicionando al diseño ecológico como instrumento ambiental. De este modo, el ecodiseño dejaría de ser un aspecto complementario o accesorio y se convierte en elemento esencial, que ha de ser considerado al proyectar y fabricar todo tipo de productos. En consecuencia, se configura como un instrumento que ha de ser integrado en los procesos y sistemas de gestión de forma obligatoria. En este sentido, se razona que hoy adquiera especial interés regulatorio (y no solo autorregulatorio).

En efecto, en la práctica, esta nueva normativa supone dar un paso muy importante en el tratamiento jurídico del ecodiseño, observando que podría ser un condicionante requerido en la UE. Esto es, necesario en lo relativo al planteamiento, fabricación y distribución comercial de los productos. A dicho fin, en la nueva legislación europea se procede a determinar unos estándares mínimos, con objeto de garantizar que los productos que “circulen” en el mercado sean ecológicos, sostenibles y duraderos. Los productos, a su vez, deben reunir las propiedades o características satisfactorias y ser seguros, evitando aquellos que pudieran ser deficientes y/o nocivos para el medio ambiente.

Este Reglamento UE supera a la regulación pre-existente, en particular, la Directiva 2009/125/CE relativa al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. Así, en la actualidad, se instaura un marco normativo básico para determinar los requisitos de diseño ecológico exigibles y aplicable a casi la totalidad de productos, siendo condición necesaria para que los productos puedan ser identificados y comercializados como productos sostenibles.

Además, esta cuestión se señala por su interés “pro-climático” y para promover la “economía circular”. De este modo, se hace referencia expresa al ecodiseño de productos entre las acciones y medidas previstas en materia de economía circular, asimismo, destinadas a lograr más productos ecológicos y sostenibles. En este sentido, se adopta como pieza fundamental en las acciones emprendidas, debiendo ser la regla general exigible.

En el Reglamento UE sobre diseño ecológico, en concreto, se establecen normas que serán aplicables a distintos grupos de productos, lo que afectaría a la mayoría de los productos del mercado interior. Y con la finalidad de disponer de productos “en circulación” que aseguren su mayor duración y posible reutilización, óptimo rendimiento, eficientes, actualizables o reparables, reciclaje o eventuales generadores de subproductos. En definitiva, se trata de contar con productos fabricados y distribuidos en la UE que sean menos contaminantes, más duraderos y sostenibles. Es clave lograr minimizar el impacto ambiental generado durante toda la vida útil o ciclo de vida del producto.

Al respecto, en concreto, ha sido encaminada una programación de actuaciones -como ha sido objeto de estudio en este texto-, dando preferencia o prioridad a determinadas categorías o grupos de productos y de acuerdo con el inicial Plan de trabajo de la Comisión.

De este modo, cabe afirmar que ya es un hecho que el ecodiseño se convierte en un presupuesto que podrá ser requerido. Por tanto, dejaría de ser algo voluntario, opcional o alternativo, para ser una obligación que concierne a todo tipo de toda industria, empresa u operador. Por tanto, cabe afirmar que el ecodiseño se configura como un instrumento principal dentro del marco de acción estratégica de la Unión Europea y, como tal, destinado a enfrentar los complejos desafíos ambientales/climáticos que se presentan. En este sentido, cabe apreciar la nueva regulación, sin duda, avanzada e innovadora; no obstante, no queda exenta de presentar cierta complejidad o problemática en la práctica, por cuanto -como ha sido examinado- se trata de una ambiciosa normativa de carácter preceptivo y con amplio espectro aplicativo.

Una de las innovaciones prevista en el Reglamento que mayor interés adquiere, es el denominado “Pasaporte digital de productos”. También, han sido destacadas otras novedades objeto de estudio y valoración a lo largo de este trabajo.

Ahora bien, se infiere que para asegurar el adecuado cumplimiento de la nueva normativa y procurar su plena eficacia, se ha de contar con un período previo o transitorio de adaptación, así como, la posible habilitación de ayudas o incentivos. Pues, no se ignora que las nuevas medidas y la observancia de los requisitos ecológicos conllevaría -en algunos casos- la necesaria transformación o mejora en procesos, sistemas de gestión, entre otros aspectos que las organizaciones o empresas han de planificar con tiempo, emprender o desarrollar.

Con todo, esta nueva regulación supone una importante renovación con respecto a los modelos normativos previos, donde el ecodiseño era un aspecto principalmente de carácter adicional o implementado por la libre decisión del interesado (industria o empresa), estimado como valor añadido y relacionado con la calidad ambiental del producto o servicio ofrecido. Y, en suma, cabe señalar que con la nueva regulación se abre un nuevo horizonte regulatorio, caracterizado por un mayor grado de exigencia con respecto a los requerimientos ambientales y aplicable a todos los sectores. Por el momento, lo que sí resulta firme es la imposición del ecodiseño de productos como norma general que se deberá seguir; y, a futuro, esta tendencia regulatoria podría ser también extendida a otros instrumentos ambientales reconocidos por su éxito, como son -v.gr.- los relativos al sistema europeo de ecoauditoría y gestión medioambiental en organizaciones/empresas y al sistema europeo de etiquetado ecológico de productos.

En definitiva, el nuevo régimen jurídico sobre ecodiseño podría ser una buena oportunidad para contar con una disciplina uniforme y más ambiciosa en orden al logro de los fines ambientales y climáticos pretendidos por la UE. Asimismo, podrá servir para insistir más en la valoración del adecuado cumplimiento de los criterios ecológicos fijados en cada caso o grupo de productos; también, en este sentido, podría ser útil para reforzar otras consideraciones en aras de garantizar la efectiva observancia de los aspectos ecológicos, calidad ambiental, sostenibilidad, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA.

Beltrán Castellanos, J.M., “La apuesta de la ley de cambio climático por la transición energética y los combustibles renovables”, en Palomar Olmeda, A. y Terol Gómez, R. (Dir.), **Comentarios a la ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética**,

Thomson Reuters-Aranzadi, Cizur Menor (Navarra) 2021. pp.177-233.

CAPUZ RIZO, Salvador y GÓMEZ NAVARRO, Tomás (dirs.), **Ecodiseño ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles**, ed. UPV, Editorial Universitat Politècnica de València, 2013.

COMISIÓN EUROPEA, Dirección General de Empresa e Industria, **La contratación pública como motor de innovación en las pymes y los servicios públicos**, Oficina de Publicaciones, 2015, <https://data.europa.eu/doi/10.2769/37608>.

CHOZA CORDERO, A. y LOZANO LIAÑO, J., “Compliance ambiental: más allá del cumplimiento normativo como camino hacia una economía sostenible”, **Revista Aranzadi Doctrinal** n. 11, 2021.

DOPAZO FRAGUÍO, P., “La renovación energética ante el cambio climático: marco estratégico, instrumentos y prácticas”, **Actualidad Jurídica Ambiental**, n. 98 (Febrero), 2020, pp. 6-42. Disponible en: <[https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2020/02/2020\\_02\\_03\\_Dopazo\\_Renovacion-energetica-cambio-climatico.pdf](https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2020/02/2020_02_03_Dopazo_Renovacion-energetica-cambio-climatico.pdf)>

DOPAZO FRAGUÍO, P., **El régimen jurídico de las marcas de calidad ambiental: etiqueta ecológica y tutela ambiental**. Ed. Exlibris, Madrid, 2001. ISBN 84-95028-24-7.

DOPAZO FRAGUÍO, P., “Gestión medioambiental y etiquetado ecológico: sistemas jurídicos europeos para promover la calidad ambiental (EMAS y EEE)”, en DOPAZO FRAGUÍO, P. (Dir.), **Derecho administrativo del medio ambiente: temas y prácticas de actualidad jurídica**. Ed. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Derecho, Servicio de Publicaciones, 2018. ISBN: 978-84-8481-194-7. pp. 81-110.

DOPAZO FRAGUÍO, P., “Eco-innovación en procesos y productos: eco-diseño”, **Revista Aranzadi de Derecho Ambiental** n. 17, 2010, pp. 305-320.

DOPAZO FRAGUÍO, P., “Calidad, innovación y sostenibilidad: retos y aportaciones para generar valor y competencia empresarial”, **Revista de la contratación electrónica**, n. 99, 2008, pp. 169-193.

DOPAZO FRAGUÍO, P., “El diseño de productos sostenibles como paradigma preceptivo: evolución normativa y régimen jurídico propuesto en la Unión Europea”, **Actualidad Jurídica Ambiental**, n. 132, 2023, pp.7-63.

DOPAZO FRAGUÍO, M.P., “La contratación pública como herramienta para promover la responsabilidad ambiental”, **Revista Catalana de Dret Ambiental**, 11(2), 2020. <https://doi.org/10.17345/rcda2914>

GUILLÉN NAVARRO, N.A., “Unidad del mercado interior, normalización industrial, etiquetas ecológicas y sistemas de gestión y auditoría medioambientales”, **Monografías de la Revista Aragonesa de Administración Pública**, XIX, 2018, pp. 271-328.

IHOBE, Norma. **Ecodiseño UNE 150.301**. IHOBE, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, noviembre 2008. Disponible en: <<http://www.ihobe.net/Documentos/Eventos/MINIGUIA%20norma%20ecodise%C3%B1o%20cast.pdf>> (Fecha última consulta: 31 out.2022).

IHOBE, **Informe de resultados y trabajos realizados en materia de Etiqueta Ecológica de la Unión Europea y Registro EMAS en Euskadi. Ejercicio 2021**, Disponible en: <<https://www.ihobe.eus/actualidad/etiqueta-ecologica-europea-y-sistema-gestion-ambiental-europeo-emas-se-consolidan-entre-organizaciones-vascas>> (Fecha último acceso: 06 dec. 2022)

ISO (International Organization for Standardization), **ISO 14006:2020(es) Sistemas de gestión ambiental – Directrices para incorporar el ecodiseño**, Disponible en: <<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14006:ed-2:v1:es>>

MADERNA FERNÁNDEZ, J.; PÉREZ CANTO, S. y RUBIO MORENO, J.C., “La norma ISO 14006 como guía para el ecodiseño”, **DYNA ingeniería e Industria**, vol. 88, n. 5, 2013,

pp. Disponible en: <<https://recyt.fecyt.es/index.php/DY/article/view/43187>> (Fecha última consulta: 29 out. 2022).

MARTÍN MATEO, R., **Nuevos instrumentos para la tutela ambiental**. Trivium, Madrid, 1994. ISBN 84-7855-808-X,

MATEO CECILIA, C., “Cuando la naturaleza manda: Repensado el diseño ecológico en arquitectura”, **ACE: architecture, city and environment**, n. 39, 2019, pp. 161-182.

GUILLÉN NAVARRO, N.A., “Unidad del mercado interior, normalización industrial, etiquetas ecológicas y sistemas de gestión y auditoría medioambientales”, **Monografías de la Revista Aragonesa de Administración Pública**, XIX, Zaragoza, 2018, pp. 271-328.

PARRA RUIZ, L. Y PERELLI BOTELLO, M., “Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y del Coste del Ciclo de Vida (CCCV) en firmes y pavimentos de carretera”, **Cemento Hormigón**, n. 994, 2019. Lozano Miralles, J.A.; López García, R.; Palomar, A. y García, A., “Análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre probetas obtenidas mediante fabricación tradicional por inyección (FI) y fabricación aditiva (FA)”, **Técnica industrial**, n. 332, 2022, pp. 50-57, Disponible en: <<https://www.tecnicaindustrial.es/sumario-ti-332-comunidades-energeticas/>>.

PASCUAL NÚÑEZ, M., “La evaluación de los PNIEC definitivos: la planificación sobre clima y energía como base de la recuperación económica” (Comentario), **Actualidad Jurídica Ambiental**, 23 noviembre 2020, Disponible en: <<https://www.actualidadjuridicaambiental.com/author/mpascual/page/5/>>

PÉREZ DE LAS HERAS, B., “La gestión eficiente de recursos en la Unión Europea: alcance e impacto de la normativa europea para una economía más sostenible y circular”, **Revista de Derecho Comunitario Europeo**, n. 55, 2016, pp. 781-817. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.18042/cepc/rdce.55.01>>.

ROMERO PEREIRA, M.C. y SÁNCHEZ CORIA, A., “Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios”, en **Revista EIA**, vol. 19, n. 38, 2022, Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8552387>>.

SANTAMARÍA ARINAS, R.J., “Novedades, incentivos y problemas jurídicos del sistema europeo de gestión y auditoría medioambientales (EMAS III)”, **Revista Aranzadi de Derecho Ambiental**, n. 23, 2012, pp. 293-342.

VALCÁRCEL FERNÁNDEZ, P. y GÓMEZ FARIÑAS, B., “Criterios de solvencia y exigibilidad de certificados de gestión ambiental”, en LAZO VITORIA, X. (Dir.), **Compra Pública Verde**. Atelier, Barcelona, 2018, pp. 79-101.

VEGA GRANDA, A.; DÍAZ, E.; RODRÍGUEZ, M.; ORDÓÑEZ GARCÍA, S. y COCA PRADOS, J., “El análisis del ciclo de vida (I). definición y metodología”, **Ingeniería química**, n. 420, 2005, pp. 145-150.

ZABALZA, I., “Adaptación de la metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España” (tesis doctoral), Universidad de Zaragoza, 2011, Disponible en: <<https://zaguan.unizar.es/record/5751>>.

SANZ LARRUGA, F.J., “Aspectos jurídicos sobre la eco-innovación y el diseño ecológico”, en SANZ LARRUGA, J.F.; GARCÍA PÉREZ, M. y PERNAS GARCÍA, J. (Dirs.), **Libre mercado y protección ambiental. Intervención y orientación ambiental de las actividades económicas**. Instituto Nacional de Administración Pública, Madrid 2013 (pp. 421-461).

# O MÍNIMO TEÓRICO PARA COMPUTAÇÃO QUANTICA, A INOVAÇÃO DO SÉCULO XXI

ANTONIO TADEU F. AMADO\*

\* Físico (PUCSP) Professor Titular de Física Geral e Aplicada. Universidade Católica de Santos.

## RESUMO

A Teoria Quântica é um avanço revolucionário na Física que emergiu no início do século XX. É uma elegante teoria matemática capaz de explicar o comportamento não intuitivo das partículas subatômicas, mais notavelmente o fenômeno do emaranhamento. No final do século XX, descobriu-se que a teoria quântica se aplica não apenas a átomos e moléculas, mas a bits e operações lógicas em um computador. Essa percepção trouxe uma revolução na ciência e tecnologia do processamento da informação, tornando possíveis tipos de computação e comunicação até então desconhecidos na Era da Informação.

## PALAVRAS -CHAVE

inovação, computação, computação quântica.

## ABSTRACT

Quantum theory is a revolutionary advancement in physics and chemistry that emerged in the early twentieth century. It is an elegant mathematical theory able to explain the counterintuitive behavior of subatomic particles, most notably the phenomenon of entanglement. In the late twentieth century it was discovered that quantum theory applies not only to atoms and molecules, but to bits and logic operations in a computer. This realization has brought about a revolution in the science and technology of information processing, making possible kinds of computing and communication hitherto unknown in the Information Age.

## KEYWORDS

innovation, computing, quantum computing.

## INTRODUÇÃO

As publicações isoladas sobre Física e Matemática em nossa universidade, e mais recentemente, da própria Ciência da Computação e Teoria da Informação, justamente por causa de seu isolamento, representam um legado relativamente fácil de ser identificado. O tema do título de tempos em tempos se torna assunto nas publicações de nosso meio acadêmico como da própria mídia; e não é sem razão, já que tem estado em curso o desenvolvimento vertiginoso da Informática e da Computação.

A mais recente evolução da Computação foi o resultado da rápida convergência das tecnologias de comunicação de dados, teoria da informação, tecnologia de telecomunicação e da própria informática. É a Internet, ou o modelo computacional baseado em uma rede, que teve suas origens nos anos da década de 1970, como um esforço do Departamento de Defesa dos EUA para conectar a sua rede experimental, chamada ARPAnet, a várias outras redes de rádio e satélites. Espalhou-se logo em seguida nos meios acadêmicos e está definitivamente popularizada [Fonseca Filho, 2007]. Uma ferramenta imprescindível na atualidade, tornou-se extremamente necessária na vida atual. O acesso rico à informação, à comunicação instantânea e ao entretenimento fez crescer exponencialmente o número de usuários da web nos últimos anos, que chegou a mais de 2,5 bilhões em todo o mundo, tendo como grupo majoritário adolescentes e adultos jovens.

Os dispositivos necessários para essa evolução tecnológica vão desde semicondutores em chips de computadores a lasers para uso médico, de leitores de códigos de barras a detectores de luz em câmeras digitais de smartphones, de lâmpadas de LED a aparelhos de ressonância magnética para exames de imagem até relógios atômicos de importância fundamental para a calibragem do GPS a sensores para a monitoração dos efeitos da mudança climática global.

Nos computadores que conhecemos (clássicos), o número de transistores nas unidades centrais de processamento (CPUs) cresceu exponencialmente com o tempo. O novo *chip* da Apple tem 16 bilhões de transistores comprimidos em um espaço mínimo. A *Informação* está sendo cada vez mais compactada e vamos chegar a uma situação em que *um único átomo vai definir um bit* de computação. Um enorme conjunto de tecnologias usadas hoje de forma corriqueira fundamenta-se em *propriedades quânticas* dos mundos molecular, atômico e subatômico. A Mecânica Quântica é a base para esse desenvolvimento.

Recentemente com a criação do *Latin America Quantum Computer Center* pelo SENAI CIMATEC, tem novamente proliferado na mídia, informações não muito confiáveis, mas, no entanto, colocam o tema novamente em evidencia. O que era uma especulação teórica em meu artigo de 1998 [Amado, 1998] e no de outros, imerso num mundo de computadores analógicos- digitais, é uma realidade hoje sem volta, onde um novo horizonte para a realidade profissional de estudantes de Ciência da Computação, Engenharia de Computação e Sistemas de Informação além do mercado de computadores domésticos e corporativos. Os entraves para a formação de grupos de pesquisa e cursos de qualquer nível terão que desaparecer.

Isso significa, por outro lado, que as inovações tornadas possíveis pela Mecânica Quântica já fazem parte de nosso dia a dia, como já foi comentado. Para se ter uma ideia do poder dos novos *processadores quânticos*, foi realizada uma demonstração pública recentemente, em 2019, pelo protótipo do Computador Quântico da Google, com um *chip* de 53 *qubits* (no artigo será visto do que se trata) o qual foi responsável por um processamento num intervalo

de tempo de 3 minutos aquilo que o *supercomputador* da IBM (que necessita de uma área equivalente a duas quadras de tênis) levaria 2 dias para realizar.

É interessante lembrar que nas publicações antes da virada do século, alguns autores já chamavam a atenção para o fato de que os componentes dentro de um computador se comportavam, em todos os aspectos importantes, de acordo com as leis da Física Clássica, como registra o famoso texto de Norbert Wiener [1894 - 1964], *Cibernética e Sociedade* [Wiener, 1985] o qual visualizava a Informação como uma quantidade tão fundamental na Física quanto a Energia ou a Estrutura da Matéria. Um teórico da Informação, consultor da IBM, TELECOM, UNIVAC e da XEROX, Tom Stonier (1927- 1999), publicou um livro instigante: *Information and the Internal Structure of the Universe* [Stonier, 1990]. No Brasil em 1991 foi publicado o mítico *A Mente Nova do Rei*, escrito pelo Prêmio Nobel de Física de 2020, o Prof. Roger Penrose [Penrose, 1991] cuja primeira intenção era responder ao questionamento de John A. Wheeler, sobre o chamado *universo participatório*. Por conseguinte, vários outros conceitos estão presentes (e por isso a dificuldade de leitura para os não iniciados) relacionados à Ciência da Computação, Matemática e Mecânica Quântica, onde o autor defende o argumento de que *a consciência humana não é apenas algorítmica* e, portanto, *não pode ser modelada por uma máquina de Turing ou computadores digitais*. Nesse livro, o autor levanta a hipótese de que a Mecânica Quântica desempenha um papel essencial na compreensão da consciência humana, portanto no *processamento das informações* no cérebro. Os artigos em revistas científicas e de divulgação proliferaram, em especial os de David DiVicenzo em 1995 [DiVicenzo, 1995], o fantástico artigo de Seth Lloyd [Lloyd, 1995] e Neil Gershenfeld e Isaac Chuang em 1998 [Gershenfeld and Isaac, 1998].

Mas de todo modo, por trás está a necessidade de não transgredir o *limite termodinâmico*, obedecendo as *leis físicas* [Amado, 2002]. Esse limite acontece para a *velocidade de processamento e a transferência de informação*, algo que já era preocupação de alguns, como Paul Benioff do Argonne National Laboratory [Benioff, 1982], o qual apresentou uma breve discussão sobre os modelos hamiltonianos da Mecânica Quântica no processo de computação, representado por máquinas de Turing padrão. Ficou obvio, a partir desses documentos que além da tendência da miniaturização contínua, seria atingido um ponto em que seríamos forçados a usar a Mecânica Quântica para descrever as operações elementares de nossos computadores.

A evidência do problema, no entanto, é antiga. Ganhou muita ênfase e até hoje é citado, um artigo do físico teórico Richard P. Feynman, o prêmio Nobel de Física de 1965 sobre o uso do computador para simular os fenômenos físicos [Feynman, 1982], em que ele chama a atenção para a possibilidade de construção de um modelo diferente de computador: os *computadores quânticos*; afim possibilitar o processamento dos fenômenos físicos quânticos. Mas na verdade, a ideia original foi de um jovem físico teórico, aqui já mencionado, Paul Benioff, que em 1979 submeteu um artigo a prodigiosa revista *Statistical Physics* sob o título *The Computer as a Physical System: A Microscopic Quantum Mechanical Hamiltonian Model of Computers as Represented by Turing Machines*; ou seja, todo o processo de computação é descrito a partir de um estado puro evoluindo sob a ação de uma determinada *função de Hamilton* [Amado, 1998]. Dessa forma, todas as partes componentes do Máquina de Turing seriam descritas por estados que têm uma relação de fase definida entre si. A existência de tais modelos teóricos, pelo menos sugeria que deveria ser examinada a possibilidade da construção real de tais máquinas coerentes. A agenda de leituras sobre o assunto aumentou mais com a publicação de outro artigo de Feynman [Feynman, 1985].

Portanto, quando os físicos começaram a pensar pela primeira vez sobre *computadores quânticos* na década de 1980, a ideia teórica parecia ser boa, mas provavelmente destinada

a permanecer no papel. No entanto, esse comportamento foi até 1994, quando Professor de Matemática Aplicada do MIT, Peter Shor surpreendeu o mundo publicando dois artigos semanais [Shor 1994] e [Shor, 1995] descrevendo um algoritmo de tempo polinomial para fatorar inteiros. Foi mudada a antiga percepção. Conseqüentemente, na escala, a própria teoria que descreve o que os computadores podem fazer deveria ser revisada microscopicamente. Essa etapa foi inevitável para o surgimento do campo da *computação quântica*.

Na mesma época, como é um hábito dos físicos e matemáticos, para estudar e alicerçar um problema, foi pensado montar um Curso de Extensão, já que na Universidade existia um público alvo: os estudantes de Ciência da Computação e Engenharia Elétrica da Computação. No entanto, ficou inviável devido à necessidade de vários pré-requisitos para os candidatos. A saída opcional foi escrever um ensaio sobre os *Processos Quânticos de Computação* [Amado, 1998]. A conclusão do artigo, foi a de que os computadores quânticos poderiam ser úteis para simular sistemas quânticos, mas não esclarecia sobre as dificuldades técnicas para a construção, nem esclarecia até aquele momento, qual o limite para resolver problemas matemáticos mais rápido do que seus parentes convencionais.

É tentador afirmar que um *computador quântico* é aquele cujo desempenho é governado pelas leis da Mecânica Quântica. Mas, uma vez que as leis da Mecânica Quântica governam o comportamento de todos os fenômenos físicos, é preciso resistir a essa tentação. Um laptop já opera sob as leis da Mecânica Quântica, mas não é nem de longe um *computador quântico*.

Um *computador quântico* é aquele cuja operação explora certas transformações muito especiais em seu estado interno. As leis da Mecânica Quântica permitem que essas transformações peculiares ocorram sob condições cuidadosamente controladas. Num *computador quântico* os sistemas físicos que codificam os *bits* individuais não devem ter nenhuma interação física que não seja controlada. Todas as outras interações, por mais irrelevantes que possam ser em um computador comum, que chamamos de clássico, introduziriam interrupções potencialmente catastróficas na operação de um computador quântico. Essas interações prejudiciais podem incluir o ambiente externo, tais como, o movimento aleatório das moléculas de ar ricocheteando nos sistemas físicos que representam *bits* ou a absorção de quantidades mínimas de *energia térmica radiada do ambiente*. Essas interações destrutivas, no que importa para a computação e o que não importa, resultam em *decoerência*, que é fatal para a computação quântica. Os computadores quânticos precisam de proteção contra as interferências externas, seja fisicamente isolando-os, mantendo-os frios ou eletrocutados com pulsos de energia cuidadosamente controlados. Além disso existe a necessidade de corrigir erros que se infiltram no sistema.

A computação quântica é, portanto, um campo novo e emergente que tem o potencial de mudar drasticamente a maneira como pensamos sobre computação, programação e complexidade. O desafio para cientistas da computação e outros é o desenvolvimento das novas técnicas de programação apropriadas para computadores quânticos. Os fenômenos quânticos que o acompanham como o *emaranhamento* (ou entrelaçamento) *quântico* e o *cancelamento de fase* introduzem uma nova dimensão na computação. A programação não consistirá mais em meramente formular algoritmos passo a passo, mas requer novas técnicas de ajuste de fases e processos de engenharia, além da *difusão* para extrair resultados úteis. As novas tecnologias quânticas englobam: a comunicação, a computação, a simulação e metrologia, todos eles apoiados

pela Ciência Básica. Para a efetivação será necessário atuar em três frentes: engenharia e controle; software e teoria; educação e treinamento de pessoas.

Ao escrever este artigo, retorna-se ao tema abandonado há alguns anos, mas tenho em mente leitores de várias disciplinas. Primeiramente, estou me dirigindo a cientistas da computação, engenheiros elétricos e matemáticos, que podem saber pouco ou nada sobre a Mecânica Quântica (ou qualquer outro tipo de física), mas que desejam adquirir algumas informações no assunto, para serem capazes de seguir os novos desenvolvimentos na extensão da computação, julgando por si mesmos, quão revolucionários eles podem ser, e talvez possam escolher participar do desenvolvimento posterior da Ciência da Computação Quântica. Espero ter êxito no empreendimento ao focar exclusivamente em como a Mecânica Quântica amplia as possibilidades de manipulação *física da informação digital*, sendo possível caracterizar em que medida a teoria funciona de forma elementar e bastante concisa, porém rigorosa e completa para esta especial área de aplicação.

## INTERLÚDIO CLÁSSICO

A Física Clássica, como se sabe, ofereceu duas grandes hipóteses sobre a natureza da luz: a *doutrina corpuscular de Newton* e a *teoria ondulatória de Huygens*. O primeiro a tentar uma reconciliação dessas duas foi o matemático e astrônomo irlandês William Rowan Hamilton (1805- 1865), um fervoroso admirador de Lagrange, que em 1835, estabeleceu uma analogia formal entre a Óptica e a Mecânica Clássica. Numa época em que a teoria ondulatória da luz, principalmente através do trabalho de Fresnel, alcançou seus sucessos mais espetaculares, Hamilton propôs dar à Óptica, como ciência formal, a mesma *beleza, poder e harmonia* que Lagrange deu à Mecânica.

Hamilton expressou a *equação do movimento de uma partícula material sob a ação de um campo de força*, de modo bastante similar às equações que descrevem o *caminho ótico de um raio luminoso em meio não homogêneo*, cujo índice de refração  $n$  depende da posição no espaço, portanto das coordenadas espaciais,  $x, y, z$  [Hamilton, 1828]. Em sua Dinâmica, da mesma forma como as *variações do índice de refração* modificam a trajetória dos raios luminosos, a variação da Energia Potencial de interação faz com que as trajetórias das partículas sejam modificadas. Ao longo do *caminho ótico* podemos considerar que a posição é parametrizada pelo comprimento de arco e nesse caso o que denominamos *raio luminoso* é representado pelo segmento de reta paralela a reta tangente em cada posição da trajetória (que seria a mesma da velocidade de uma partícula material) ponto a ponto no espaço.

Hamilton introduziu a função  $S$  que mais tarde ele chamaria de função principal. Isso foi definido em termos da função característica pela equação. Como a Natureza escolhe entre todas as possibilidades que lhe são oferecidas, aquela que é a mais eficaz; e nesse caso a mais eficaz é a que obedece ao Princípio da Mínima Ação. Em outras palavras, dentre as inúmeras maneiras pelas quais um sistema pode alterar sua configuração durante um intervalo de tempo  $(t_B - t_A)$ , o movimento real que ocorre é aquele que maximiza ou minimiza a integral

$$(1) \quad S(B, A) = \int_{t_A}^{t_B} \mathcal{L}(x, \dot{x}, t) dt$$

A função  $\mathcal{L}$  é a *função lagrangeana*, que depende das posições, das velocidades e do tempo explicitamente; onde a quantidade  $\mathcal{L}$ , representa o *excesso de Energia Cinética sobre a Energia Potencial*, sendo assim

$$(2) \quad S(B, A) = \int_{t_A}^{t_B} (T - V). dt$$

Como a *causalidade* não é necessária, a ideia de um corpo se mover de acordo com o Axioma II de Newton, perde o sentido; então a descrição de uma *trajetória adequada* para um corpo ir por exemplo de uma posição *inicial* para uma posição *final* vai depender na verdade entre todos os *prováveis percursos* a serem realizados aquele que tem a maior *probabilidade* para a ação  $S(B, A)$  ser um *mínimo*.

## Axioma 1

**Os corpos na Natureza não podem escolher entre o percurso mais curto ou o mais breve; nesse caso a integral de ação é um mínimo.**

Mas esse *princípio* está formulado de maneira incompleta. A partícula não toma o *caminho de mínima ação*, ela percorre aquele que tem a *menor ação*, por um método análogo àquele que a *luz percorre aquele com o menor tempo*. E essa analogia ótico-mecânica está implícita no *princípio*. Qualquer *caminho* que a luz percorra num intervalo de tempo diferente, ela chega com uma *fase diferente*. A *amplitude total* em um ponto é a *soma das amplitudes de todas as diferentes maneiras pelas quais a luz pode chegar*. O *caminho importante* é aquele para o qual existem muitos caminhos próximos que levam a mesma fase.

**Figura 1** Diagrama apresentando as contribuições da *integral de caminho* para o conjunto de trajetórias de uma partícula



É exatamente a mesma coisa na Mecânica Quântica. Portanto funciona assim: a probabilidade de que uma partícula, saindo do ponto início no instante  $t$ , chegue no ponto fim no instante  $(t + \delta t)$ , é o quadrado de uma amplitude de probabilidade  $\psi(x, t)$ . A amplitude total pode ser escrita como a soma das amplitudes de cada caminho possível de cada maneira de chegar. Para cada  $x(t)$ , para cada trajetória imaginária possível temos que calcular uma amplitude. E então todas são somadas. A integral da ação afirma que a amplitude de uma trajetória deve ser proporcional a  $e^{iS/\hbar}$  (o ângulo de fase é  $S/\hbar$ , com  $\hbar$  a constante de Planck racionalizada). A interpretação da *soma das histórias*, a *integral do caminho* é considerada fundamental e a realidade é vista como uma única “classe” indistinguível de caminhos que compartilham os mesmos eventos.

A abordagem de Hamilton apareceu como uma extensão ao trabalho de Joseph-Louis Lagrange [1736-1813]. Como foi visto acima, a *função lagrangeana*, depende das posições, das velocidades e do tempo explicitamente; onde a quantidade

$$(3) \quad \mathcal{L}(x, \dot{x}, t) = T - V$$

De uma forma mais geral ela pode ser definida de uma forma *mais geral* que com coordenadas podem cartesianas, ou coordenadas polares, ou qualquer outra coisa que possamos

pensar. A notação para um sistema geral de coordenadas é  $\mathbf{q}_i$ . Essas coordenadas generalizadas definem as velocidades generalizadas de tal modo que a função lagrangeana seja definida por

$$(4) \quad \mathcal{L}(x, \dot{x}, t) \rightarrow \mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t)$$

Supondo que as coordenadas de um sistema dinâmico abstrato sejam  $\mathbf{q}_i$ . A idéia geral de uma transformação infinitesimal é que ela é uma pequena mudança das coordenadas, que pode depender do valor das coordenadas. O deslocamento é parametrizado por um parâmetro infinitesimal  $\delta$ , e tem a forma  $\delta\mathbf{q}_i$ . A operação  $\delta$  representa uma variação de qualquer parâmetro particular do sistema por uma quantidade infinitesimal distante do valor tomado pelo parâmetro. Isso define a chamada variação  $\delta$  do caminho e  $\delta\mathbf{q}_i$  sua variação virtual, sujeita apenas à limitação de que  $\delta\mathbf{q}_1(t) = \delta\mathbf{q}_2(t)$ , ou seja, conecta duas configurações possíveis no mesmo instante. Portanto  $\mathbf{q}_1(t) = \mathbf{x}(t)$  e  $\mathbf{q}_2(t) = \mathbf{y}(t)$ , então  $\delta\mathbf{q}_1(t) = \delta\mathbf{x}(t)$  e  $\delta\mathbf{q}_2(t) = \delta\mathbf{y}(t)$ , um pequeno cálculo

$$(5) \quad \delta\dot{q}_i = \delta\left(\frac{dq_i}{dt}\right) = \frac{d}{dt}(\delta q_i)$$

Determinando o quanto muda a função lagrangeana quando é realizada uma transformação virtual na posição e na velocidade

$$(6) \quad \delta\mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t) = \sum \left( \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{q}_i} \delta\dot{q}_i + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_i} \delta q_i \right)$$

As quantidades é justamente o momento generalizado conjugado a  $\mathbf{q}_i$ , um conceito que transcende a simples ideia de momento cartesiana. Portanto as equações de Euler-Lagrange

$$(7) \quad p_i = \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{q}_i} \therefore \frac{dp_i}{dt} = \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_i}$$

$$(8) \quad \delta\mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t) = \sum_i \left( p_i \delta\dot{q}_i + \frac{dp_i}{dt} \delta q_i \right) \Leftrightarrow \delta\mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t) = \frac{d}{dt} \left( \sum_i p_i \delta q_i \right)$$

Quando a derivada temporal se anula temos um resultado conservativo. A conservação da energia aparece então em

$$(9) \quad \frac{d}{dt} \mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t) = \sum_i \left( \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\dot{q}_i} \ddot{q}_i + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_i} \dot{q}_i \right) + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial t} \therefore$$

$$\frac{d}{dt} \mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i, t) = \sum_i (p_i \ddot{q}_i + \dot{p}_i \dot{q}_i) + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial t} = \frac{d}{dt} \sum_i (p_i \dot{q}_i) + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial t}$$

A última revela um fato interessante, se for definida uma função  $\mathcal{H}$

$$(10) \quad \sum_i (p_i \dot{q}_i) - \mathcal{L} = \mathcal{H} \Rightarrow \frac{d\mathcal{H}}{dt} = - \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial t}$$

Significa que  $\mathcal{H}$  varia com o tempo se a função lagrangeana variar explicitamente com o tempo. Essa função a  $\mathcal{H}$  é a hamiltoniana ou função de Hamilton. A partir dessa relação com a função lagrangeana determina-se as equações canônicas de Hamilton

$$(11) \quad \dot{p}_i = - \frac{\partial}{\partial q_i} \mathcal{H}(q_i, p_i)$$

$$\dot{q}_i = \frac{\partial}{\partial p_i} \mathcal{H}(q_i, p_i)$$

No séc. XIX os matemáticos franceses desenvolveram uma forma matemática muito elegante para a formulação da Mecânica embora o grau realmente surpreendente de sucesso não se tornou aparente até o século XX, quando a Mecânica Quântica foi descoberta. Quase parece que a geração anterior de matemáticos era clarividente na maneira como inventou paralelos exatos dos conceitos quânticos posteriores. Sem especificar uma função particular, seja  $\mathcal{U}(\mathbf{q}, \mathbf{p}, t)$  tal que qualquer trajetória real do sistema definirá um valor de  $\mathcal{F}$  que varia ao longo da trajetória

$$(12) \quad \frac{d\mathcal{U}}{dt} = \sum_i \left( \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial p_i} \dot{p}_i + \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial q_i} \dot{q}_i \right) = \sum_i \left( \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial q_i} \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial p_i} - \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial p_i} \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i} \right)$$

Esse resultado é conhecido como *parêntesis* ou *colchete de Poisson*. O *parêntesis de Poisson* de quaisquer duas funções que representem *variáveis dinâmicas*,  $\mathcal{U}$  e  $\mathcal{V}$ , é definido como

$$(12) \quad \{\mathcal{U}, \mathcal{V}\} = \sum_i \left( \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial q_i} \frac{\partial \mathcal{V}}{\partial p_i} - \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial p_i} \frac{\partial \mathcal{V}}{\partial q_i} \right)$$

Então

$$(13) \quad \frac{d\mathcal{U}}{dt} = \{\mathcal{U}, \mathcal{H}\} + \frac{\partial \mathcal{U}}{\partial t}$$

Se fizer  $\mathcal{U} = \mathcal{q}_i$  e depois  $\mathcal{U} = \mathcal{p}_i$  quando não apresentam dependência temporal explícita e para  $\mathcal{V} = \mathcal{H}$

$$(14) \quad \frac{dq_i}{dt} = \{q_i, \mathcal{H}\} \text{ e } \frac{dp_i}{dt} = \{p_i, \mathcal{H}\}$$

São as *equações de Hamilton* definidas com os *parêntesis de Poisson*.

As vantagens teóricas para escrever as equações de movimento de uma variável dinâmica arbitrária residem no fato que os *parêntesis de Poisson* são invariantes mediante as transformações canônicas.

## Propriedades ou Teoremas (Lemos, 2004 e Leech, 1971)

### T1. Anti –simetria

Sejam duas funções que representem *variáveis dinâmicas*,  $\mathcal{U}$  e  $\mathcal{V}$

$$(15) \quad \{\mathcal{U}, \mathcal{V}\} = -\{\mathcal{V}, \mathcal{U}\}$$

### T2. Linearidade

Sendo  $\mathcal{U}$  e  $\mathcal{V}$  duas funções, existe uma função  $\mathcal{Q}$ , que representam *variáveis dinâmicas* e um coeficiente  $\sigma$  independente de  $(\mathbf{q}, \mathbf{p})$

$$(16) \quad \{\mathcal{U} + \alpha \mathcal{Q}, \mathcal{V}\} = \{\mathcal{U}, \mathcal{V}\} + \sigma \{\mathcal{Q}, \mathcal{V}\}$$

### T3. Dadas as funções $\mathcal{U}$ , $\mathcal{V}$ e $\mathcal{Q}$

$$(17) \{u\mathcal{V}, \mathcal{Q}\} = u\{\mathcal{V}, \mathcal{Q}\} + \{u, \mathcal{Q}\}\mathcal{V} \therefore \{u, \mathcal{V}\mathcal{Q}\} = \{u, \mathcal{V}\}\mathcal{Q} + \mathcal{V}\{u, \mathcal{Q}\}$$

#### T4. Identidade de Jacobi.

$$(18) \{\{u\mathcal{V}\}, \mathcal{Q}\} + \{\{\mathcal{V}, \mathcal{Q}\}, u\} + \{\{\mathcal{Q}u\}, \mathcal{V}\} = 0$$

#### T5. Seja $\lambda$ um parâmetro

$$(19) \frac{\partial}{\partial \lambda} \{u, \mathcal{V}\} = \left\{ \frac{\partial}{\partial \lambda} u, \mathcal{V} \right\} + \left\{ u, \frac{\partial}{\partial \lambda} \mathcal{V} \right\}$$

Aqui  $\lambda$  pode assumir qualquer das variáveis  $\mathbf{q}$ ,  $\mathbf{p}$  ou  $\mathbf{t}$  ou um outro parâmetro qualquer.

#### P6. Parêntesis de Poisson fundamentais

$$(20) \{q_i, q_j\} = 0; \{p_i, p_j\} = 0; \{q_i, p_j\} = \delta_{ij}$$

O *parêntesis de Poisson* tem sua importância, na transição da Mecânica Clássica para a Mecânica Quântica, onde a chamada *quantização canônica* consiste em associar uma *variável dinâmica*  $\mathcal{A} \equiv A(q_1, q_2, \dots, q_n; p_1, p_2, \dots, p_n)$  que necessita uma especificação da ordem das coordenadas  $\mathbf{q}_i$  e  $\mathbf{p}_i$ , na expressão explícita da função  $A(q_1, q_2, \dots, q_n; p_1, p_2, \dots, p_n)$ . Na prática a matriz  $A$  tem uma forma polinomial nos  $\mathbf{p}_i$  cujos coeficientes são função dos  $\mathbf{q}_i$ . A matriz  $A$  associada a *variável dinâmica*, é considerada como um *operador* para cada variável dinâmica. A terminologia empregada é devido a indicação de que existe uma falha em *comutar*. Na representação de Werner Heisenberg (1901- 1976) se  $A$  representa um *operador*, ele satisfaz a equação

$$(21) \frac{dA}{dt} = \frac{1}{i\hbar} [A, H] + \frac{\partial A}{\partial t}$$

Onde  $H$  é o *operador hamiltoniano* e o *comutador* é dado por

$$(22) [A, H] = AH - HA$$

A *comutação de dois operadores* corresponde ao *parêntesis de Poisson* clássico multiplicado por  $i\hbar$ .

$$(23) [U, V] \rightarrow i\hbar\{u, v\}$$

A Mecânica formulada na linguagem dos *parêntesis de Poisson* representa o análogo clássico da representação matemática de Heisenberg. Tal formulação não era totalmente conhecida pelos físicos do início do século XX (apenas alguns matemáticos tinham conhecimento, por exemplo, David Hilbert e Max Born). O grande avanço, no entanto, foi dado por Paul A. M. Dirac (1902- 1984) que pode escrever as condições de quantização em termos de Dinâmica Hamiltoniana Clássica, usando a equivalência da diferença dos produtos de Heisenberg para colchetes de Poisson. Há outra característica fundamental da abordagem de Dirac, o procedimento incorpora a Mecânica Quântica no próprio coração da dinâmica hamiltoniana. Assim como Heisenberg apreciou ter aplicado *conceitos quânticos ao próprio espaço*, Dirac fez a mesma coisa tratando o *momento* e as *coordenadas espaciais* no mesmo pé e introduzindo a *condição de quantização* de Bohr nos fundamentos da mecânica hamiltoniana.

Sejam duas funções que *representem dois símbolos de medição*,  $X$  e  $Y$ , o *comutador*

$$(24) [X, Y] = XY - YX$$

O anticomutador é

$$(25) \quad [X, Y]^* = XY + YX$$

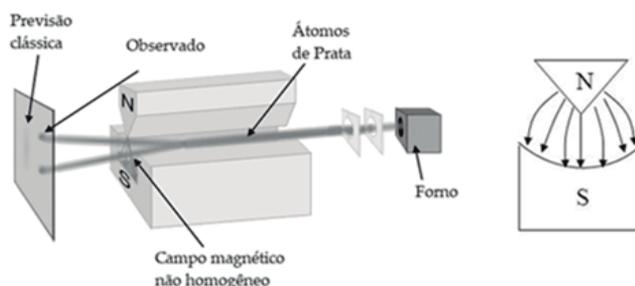
Então, se  $[X, Y] = 0$ ,  $[X, Y]^* = 2XY$  ou  $2YX$ . Nesse caso, pode ser considerado  $\frac{1}{2}[X, Y]^*$  como um *produto simetrizado* de  $X$  e  $Y$ . Como consequência imediata vale a identidade

$$(26) \quad XY = \frac{1}{2} \cdot [X, Y]^* + \frac{1}{2} \cdot [X, Y]$$

## A VARIÁVEL DINÂMICA DE ORIENTAÇÃO NO ESPAÇO.

Na teoria de Bohr, uma grandeza de especial importância na classificação das *raias* espectrais é o *momento angular*. Esse fato conduziu por sua vez a ideia da *quantificação da orientação espacial* dos sistemas atômicos, cuja confirmação experimental mostrou a *quantificação azimutal* para os átomos imersos num campo magnético. O difícil experimento foi realizado pelo físico americano Otto Stern (1888-1969) em colaboração com o físico alemão Walther Gerlach (1889-1979) em 1922 [Gerlach, & Stern, 1922]. Trata-se de um fino feixe de átomos de prata produzido pela evaporação em um forno e colimado por duas fendas em série, passando (em alto vácuo) entre dois polos de um ímã não homogêneo (fig)

**Figura 2 - Diagrama ilustrativo do experimento de Stern- Gerlach**

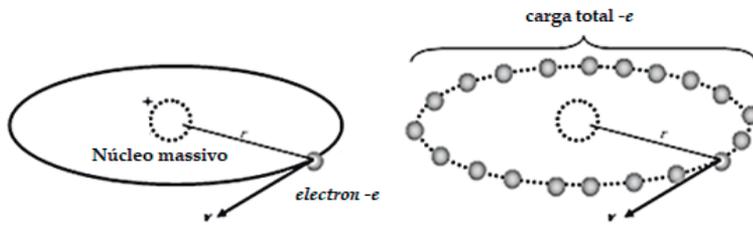


**Fonte - [Gerlach, & Stern, 1922].**

Se uma partícula neutra passa por uma região com *campo magnético homogêneo*, a força exercida em direções opostas do *dipolo* se cancelam e o movimento da partícula é inalterado. No experimento de Stern-Gerlach foram usadas partículas neutras (átomos de Prata) e a mesma conclusão é obtida, uma vez que foi designado para testar *momento angular*, e não fenômenos eletrostáticos. Se a partícula viaja através de um *campo magnético* não homogêneo, então a força em um dipolo será ligeiramente maior que a força oposta no outro extremo (daí a forma irregular ímã). A descrição matemática para explicar o resultado do experimento faz uso dos resultados da Eletrodinâmica de Maxwell.

Considerando o modelo de Bohr, o átomo de Hidrogênio, portanto, um modelo planetário clássico, com um electron em uma “órbita circular” ao redor do núcleo. Nesse modelo o electron se move com *velocidade tangencial constante*  $v$ , nessa trajetória circular muito particular de raio  $r$ . Existem nesse caso, *efeitos magnéticos* decorrentes, como é bem conhecido da Eletrodinâmica de Maxwell. No centro da trajetória está uma carga positiva nuclear, tornando o sistema eletricamente neutro, mas esse núcleo com massa relativamente grande, move-se tão vagarosamente ao redor do centro de massa do sistema que os possíveis *efeitos magnéticos* podem ser desprezados. A figurinha abaixo serve para exemplificar, embora não represente a realidade.

**Figura 3** Ilustrando o comportamento do electron ao redor do núcleo.



O campo magnético do sistema num certo intervalo médio de tempo absolutamente não é nulo. Isso porque devido ao movimento do electron em sua órbita nesse mesmo intervalo de tempo, tudo se passa como se existissem  $n$  cargas negativas na mesma trajetória circular numa “procissão em cadeia sem fim”, como se estivessem contidas num “anel circular” de raio  $r$  definindo assim uma *espira de corrente circular de raio  $r$* . Nesse caso, no mesmo intervalo de tempo médio, a *frequencia efetiva  $f$*  do electron, informa sobre o número de rotações por segundo

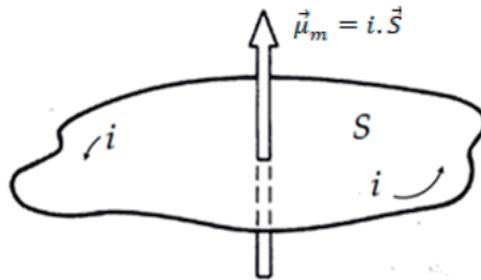
$$(27) \quad \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi r}$$

A corrente elétrica nessa espira imaginária terá sentido oposto a  $v$ , e seu valor será

$$i = \frac{q}{\Delta t} = q \cdot f = \frac{ev}{2\pi r}$$

$$(28) \quad i = \frac{ev}{2\pi r} [C/s]$$

**Figura 4** Representação do momento magnético perpendicular ao plano definido pela linha de corrente (electron ao redor do núcleo)



O produto  $(i.S)$  de dimensão  $[IL^2]$  no S.I. é expresso em  $[A.m^2]$  representa o *momento magnético  $\mu_m$*  da *espira virtual*. É evidentemente um vetor perpendicular ao plano definido da *espira* ou da superfície orientada

$$(29) \quad \vec{\mu}_m = i \cdot \vec{S}$$

No caso do electron, a área definida é de um plano circular, então a intensidade do vetor será

$$|\vec{\mu}_m| = \mu_m = \pi r^2 i = \pi r^2 \frac{ev}{2\pi r} = \frac{evr}{2}$$

$$(30) \quad \mu_m = \frac{evr}{2}$$

É possível determinar o momento magnético em função do momento angular cuja intensidade é

$$L = m_e v r \Leftrightarrow v = \frac{L}{m_e r} \Rightarrow \mu_m = - \frac{e r}{2} \frac{L}{m_e r} = - \frac{e L}{2 m_e}$$

$$(31) \quad \mu_m = - \frac{e L}{2 m_e}$$

Essa última equação envolve apenas constantes fundamentais, portanto uma solução bem geral pois inclui as órbitas circulares e elípticas. Como o momento angular se conserva, conseqüentemente o momento magnético também se conserva em intensidade e direção. A razão giromagnética será então

$$(32) \quad \frac{L}{\mu_m} = - \frac{2 m_e}{e}$$

Portanto, deve haver uma relação entre a magnetização de um material e seu momento angular. Em termos macroscópicos,

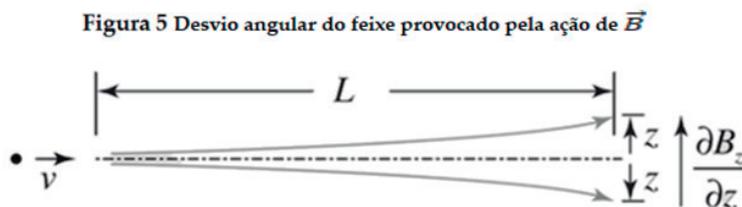
$$\frac{|\vec{L}|}{|\vec{\mu}_m|} = \frac{2 m_e}{e} = 1,138625 \cdot 10^{-11} \left[ \frac{kg}{C} \right]$$

No experimento, a força resultante exercida pelo campo não homogêneo sobre o átomo de prata não excitado, cuja estrutura se assemelha a de um átomo alcalino (aqui neste caso o momento magnético do electron é mais evidente do que o do núcleo). O átomo nesse caso se comporta como um pequeno imã. O movimento ocorre através de uma região com a presença de um campo magnético não homogêneo, provocado pela forma geométrica de um dos polos do imã<sup>1</sup>. Se a intensidade do campo magnético é em um dos polos magnéticos do átomo, no outro polo será de tal modo que a força efetiva sobre o átomo será

$$\vec{F} = \vec{\mu}_m \cdot \vec{B} - \vec{\mu}_m \cdot (\vec{B} - \nabla B) = \vec{\mu}_m \cdot \nabla B$$

$$(33) \quad \vec{F} = \vec{\mu}_m \cdot \nabla B$$

A intensidade é portanto, assumindo que a direção é paralela a z, e o ângulo formado entre e como sendo  $\theta$



Classicamente, o momento magnético pode assumir qualquer ângulo em relação à direção do campo magnético e, portanto, seria de esperar que houvesse uma distribuição aleatória dos ângulos de deflexão. Se, no entanto, a quantização do espaço for real, as deflexões deveriam ocorrer apenas em ângulos de deflexão  $\theta$  específicos. Devido ao movimento de precessão ao redor de (conhecida como precessão de Larmor) a componente  $(\mu_m)_z$  ao longo do percurso permanece constante, mas as outras oscilam ao redor de zero. Tudo acontece como se cada

<sup>1</sup> A ideia é análoga ao caso dos condutores elétricos, conhecido como poder das pontas, uma propriedade dos condutores de concentrar cargas elétricas em suas extremidades pontiagudas, o que provoca aumento da intensidade do campo elétrico.

átomo estivesse submetido ao valor médio da força em várias oscilações. Levando em conta a geometria do diagrama (fig.5), e  $K$  a energia cinética dos átomos do feixe incidente, um simples cálculo permite determinar o valor de  $\theta$ :

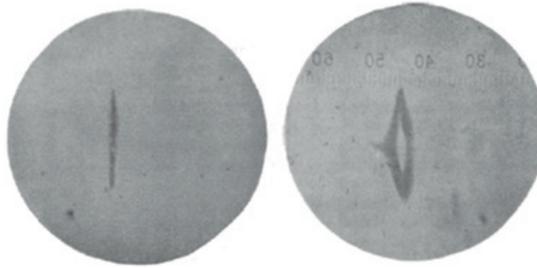
$$(35) \quad z = \frac{1}{2} a_z t^2 = \frac{1}{2} \frac{F_m}{m_{\text{átomo}}} \left(\frac{L}{v}\right)^2 = \frac{1}{2m_{\text{átomo}}v^2} L^2 \mu_m \frac{\partial B}{\partial z} = \frac{L^2}{4K} \mu_m \frac{\partial B}{\partial z}$$

Mas

$$(36) \quad \frac{z}{L} = \cos \theta \Rightarrow \theta = \cos^{-1} \left( \frac{\mu_m \cdot L}{4K} \frac{\partial B}{\partial z} \right)$$

O desvio é portanto proporcional as componente de  $\mu_m$  na direção do campo magnético. estando os átomos orientados aleatoriamente,  $(\mu_m)_z$  pode assumir os valores de compreendidos entre  $+(\mu_m)_z$  e  $-(\mu_m)_z$  e todos os ângulos de desvio, valores compreendidos entre os dois valores correspondentes. O impacto na chapa fotográfica apresenta o resultado como duas pequenas manchas equidistantes e alinhadas paralelamente a  $z$

**Figura 6** Medições do original sob o microscópio usando um micrômetro ocular. As fotografias mostram que o feixe de átomos de prata divididos por um campo magnético não homogêneo. A primeira imagem é uma fotografia depois das 4 horas de exposição sem campo magnético. A segunda imagem após 8 horas de exposição



Fonte [Gerlach, & Stern, 1922]

O que se observa é uma sucessão de pequenas manchas equidistante e alinhadas paralelamente ao eixo  $Oz$ , se é feito o campo variar, ou seja, a distância entre as manchas ocorre na mesma proporção, sem que o resultado da imagem sofra qualquer alteração, permanecendo constante o número  $n$  de manchas. Cada uma das manchas corresponde a um valor de  $(\mu_m)_z$ ; portanto uma magnitude quantificada suscetível a assumir  $n$  valores distintos. A componente do momento angular  $L_z$  possui evidentemente a mesma propriedade.

É possível objetar a interpretação desse experimento por ela estar baseada em uma hipótese muito particular em relação a origem do paramagnetismo atômico; a existência de um momento magnético permanente proporcional ao momento angular. a negação do fato, dificulta a compreensão do experimento para a explicação das  $n$  manchas distintas sobre o anteparo sem admitir que certas magnitudes que caracterizam os movimentos internos estão quantificadas. Logo, a medida que o centro de massa segue as leis da Mecânica Clássica, sua trajetória vem totalmente determinada pelo estado dinâmico do átomo ao chegar na região do ímã e o aparecimento sobre o anteparo de uma distribuição de impactos mais ou menos espaçados, é interpretado não estando os átomos nas mesmas condições iniciais e que as variáveis dinâmicas que definem o estado inicial estão estatisticamente distribuídas dentro de um certo

domínio extenso. A existencia das  $n$  manchas separadas confirma essa distribuição estatística apresentando ao menos  $n$  descontinuidades, ou de outro modo, *certas variáveis dinâmicas do átomo estão quantificadas*, como praticamente todos os átomos estão em seu estado fundamental, caso contrário emitiriam radiação, assim não se pode tratar da quantificação da energia mas da *quantificação da variável dinâmica de orientação no espaço do átomo*.

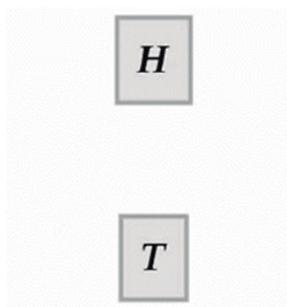
## DO EXPERIMENTO IMAGINÁRIO AO VETOR DE ESTADO.

Iniciando com um exemplo simples sugerido por Susskind [Susskind & Friedman, 2015]. Imagine abstratamente um objeto que possui apenas pela condição em que se encontra, do ponto de vista macroscópico, descrita por suas variáveis ou propriedades; *um estado*. Poderia ser uma *moeda* que pode mostrar *cara* (H) ou *coroa* (T), mas colada à mesa, e escolho por exemplo que está mostrando sempre cara (H). Percebe-se que é um *sistema* com *dois estados* (as faces) ou poderia representar um *bit* (dígito binário) com os dois estados H e T (a ideia de *estado* na Mecânica Quântica é conceitualmente bem diferente de sua contrapartida clássica). Formalmente o que temos é o que denominamos de *grau de liberdade*  $\xi$  que pode assumir dois valores  $+1$  e  $-1$ . Então o *estado* H é representado por  $\xi = +1$  e o estado T será representado por  $\xi = -1$ .

No jargão da física, a *coleção de todos os estados* ocupados por um sistema é seu *espaço dos estados* (que não é o espaço ordinário, mas uma representação matemática de um sistema físico na Teoria Matemática de Controle, composto de um conjunto de variáveis de entrada, de saída e de estado relacionadas entre si por meio de equações diferenciais de primeira ordem) ou, mais simplesmente, seu *espaço de estado*, cujos elementos rotulam os *possíveis estados do sistema*.

Oferecendo uma explicação da terminologia, a coleção de objetos físicos como partículas, campos, ondas ou o que quer que seja, é chamada de *sistema*. Um *sistema* é o *universo inteiro* ou está *isolado* completamente de toda vizinhança e se comporta como se nada mais existisse; nesse caso é um *sistema fechado*. Para essa situação da *moeda* colada à mesa, o *espaço dos estados*; é o conjunto matemático cujos elementos definem as possíveis condições *do sistema*. O nosso *sistema simples* tem um *espaço dos estados* que consiste em *dois pontos* pois a *moeda* tem *dois estados possíveis* (esse conceito será importante mais à frente). Imagine agora que a *moeda* pode ser *cara* ou *coroa* H ou T

Figura 7- Espaço dos estados

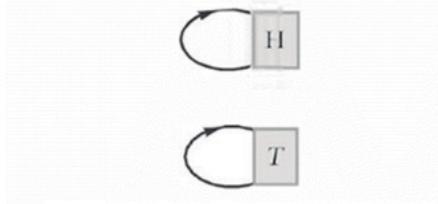


Classicamente os sistemas evoluem suavemente, sem mudanças bruscas ou saltos ou ainda interrupções. Esse comportamento é denominado *contínuo*. Obviamente, no caso do objeto como a moeda, *cara* e *coroa* não se alteram suavemente. O comportamento, neste caso, ocorre necessariamente em *mudanças discretas* (ou saltos). Portanto, supondo que o *tempo* tenha um *comportamento discreto* rotulado por números inteiros, um mundo cuja *evolução* é *discreta* pode ser chamado de *estroboscópico*. Por outro lado, quando o *sistema* é *dinâmico*, quando

o sistema varia com o tempo. Um sistema dinâmico consiste em mais de que um *espaço dos estados*; implicando numa *lei do movimento*, ou *lei dinâmica*. A *lei dinâmica* é uma regra que permite conhecer o comportamento do estado dinâmico em cada instante. É a *regra* que define como vai ocorrer a *transição de estado*.

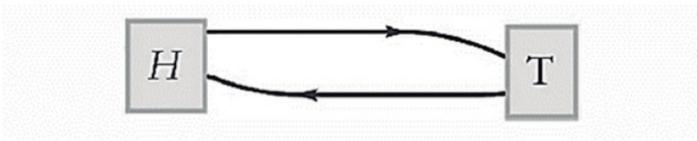
Uma *lei dinâmica muito simples* é que *qualquer que seja o estado em algum instante, o próximo estado é o mesmo*. Nesse caso existem duas histórias possíveis:  $H H H H H H \dots$  e  $T T T T T T \dots$ . Se iniciar com  $H$ , o sistema permanecerá  $H$ ; se iniciar com  $T$ , o sistema permanece  $T$ .

**Figura 8** A lei dinâmica para um sistema de dois estados



O próximo sistema mais simples tem um *espaço dos estados* que consiste em dois pontos; neste caso, a moeda tem dois estados possíveis (esse conceito será importante mais à frente). Imagine agora que a moeda pode ser *cara* ou *coroa*  $H$  ou  $T$ . Para a segunda lei possível as setas vão de  $H$  para  $T$  e de  $T$  para  $H$ . É possível então *prever o futuro*. Por exemplo, iniciando com  $H$ , a história será  $H T H T H T H T \dots$ . Se iniciar com  $T$ , a história é  $T H T H T H T H \dots$

**Figura 9** Outra lei dinâmica para um sistema de dois estados



Posso identificar outra situação com um *sistema de dois estados*, ou *um bit*, um sistema de dois estados um sendo  $H$  e o outro  $T$ . Mais formalmente, inventamos um *grau de liberdade* denominando de  $\xi$  que *pode assumir dois valores*, a saber  $+1$  e  $-1$ . O estado  $H$  é substituído por  $\xi = +1$  e o estado  $T$  por  $\xi = -1$ . Classicamente, isso é tudo que existe para o *espaço dos estados*. O sistema está no estado  $\xi = +1$  ou  $\xi = -1$  e não há nada no meio. Na Mecânica Quântica, vamos pensar neste sistema como um *qubit* (quantum Binary digiT).

Portanto a lei mais simples é apenas que nada acontece. Nesse caso, se formos de um instante discreto ( $n$ ) para o próximo ( $n + 1$ ), a *primeira regra da evolução* é

$$(37) \quad \xi(n + 1) = \xi(n)$$

A segunda regra de evolução será

$$(38) \quad \xi(n + 1) = -\xi(n)$$

Implica que o estado muda em cada etapa.

Bom, é possível construir vários exemplos simples, mas com um número finito de estados no *espaço de estados*. Pode-se generalizar a situação para um sistema dinâmico com um *número infinito de estados*. Por exemplo, imaginando uma linha com, como uma linha de trem com uma sequência infinita de estações em ambas as direções. Para descrever tal sistema, podemos

rotular os pontos ao longo da linha por *inteiros*, igualmente como rotulamos os instantes discretos de tempo acima. Como está sendo usada a notação  $n$  para os intervalos de tempo discretos, agora será usado  $\mathcal{N}$  para os pontos na linha.

**Figura 10** Espaço dos estados para um sistema infinito



A forma da *regra* será

$$(39) \quad \mathcal{N}(n + 1) = \mathcal{N}(n) + 1$$

São possíveis outras formas (nem todas válidas), por exemplo

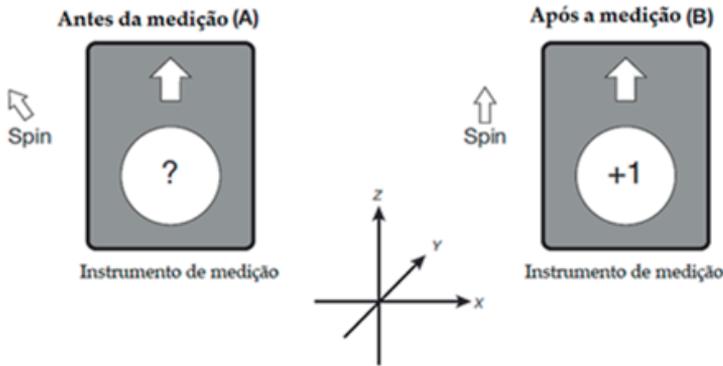
$$(40) \quad \begin{aligned} \mathcal{N}(n + 1) &= \mathcal{N}(n) - 1 \\ \mathcal{N}(n + 1) &= \mathcal{N}(n) + 2 \\ \mathcal{N}(n + 1) &= \mathcal{N}(n) - n^2 \\ \mathcal{N}(n + 1) &= -1^{\mathcal{N}(n)} \cdot \mathcal{N}(n) \end{aligned}$$

Na Eq. (37), onde quer que ocorra o início, eventualmente chegaremos a todos os outros pontos indo para o futuro ou indo para o passado. Dizemos que existe um único ciclo infinito. Com Eq. (39), por outro lado, dado o início com um valor ímpar de  $\mathcal{N}$ , nunca chegará a um valor par e vice-versa. Assim, dizemos que existem dois ciclos infinitos.

No entanto existe um fato oculto que fomos descuidados. Um *experimento* não consiste apenas de um exercício matemático (ou um *experimento mental*) mas envolve um equipamento  $M$  para realizar as *medições* e registrar os resultados das *medições*. O processo envolve, sinais elétricos, portanto *correntes elétricas*, cujos transportadores de carga elétrica são *electrons*. Um electron não é o mesmo que um quark ou um neutrino. Mas mesmo um tipo específico de partícula, como um electron, não é completamente especificado por sua localização. Intrínseco ao electron está um *grau extra de liberdade* chamado de *spin*.

No caso do *sistema de dois estados*, o equipamento  $M$  interage com o sistema (o *spin*) e registra o valor de  $\xi$ . As partículas têm propriedades além de sua posição no espaço. Por exemplo, eles podem ou não ter uma carga elétrica ou massa. Pense no aparelho como uma *caixa preta* (algo que Vc não conhece como funciona) com uma janela que exhibe o resultado de uma *medição*. A *seta para cima* é importante porque mostra como o aparelho está orientado no espaço e sua direção implicará nos resultados das medições.

**Figura 11** (A) Aparelho giratório antes de qualquer medição. (B) Spin e aparelho após uma medição resultando em +1. A rotação agora está preparada no estado +1. Se a rotação não for perturbada o aparelho mantém a mesma orientação, todas as medições subsequentes darão o mesmo resultado. Os eixos coordenados mostram nossa convenção para rotular as direções de espaço



Fonte [Susskind & Friedman, 2015].

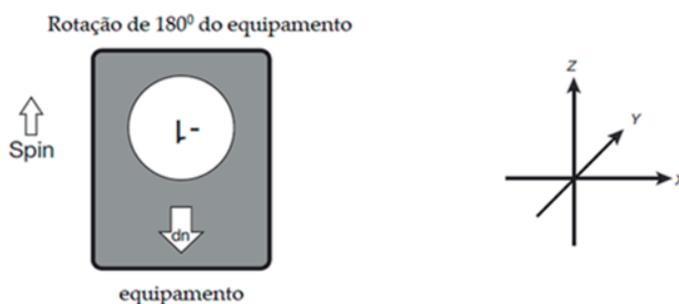
A figurinha mostra que após a medição o *spin* aponta para cima  $\xi_z = +1$ . O *spin* está orientado *para cima* segundo o eixo  $z$ . Caso o *spin* não seja perturbado ele manterá a mesma orientação e todas as *medidas subsequentes* darão o *mesmo resultado*. Mas olhando para o aparelho, determinamos o valor de  $\xi$ . Todo esse processo constitui um experimento muito simples projetado para medir  $\xi$ . Vale aqui a eq. 1. Antes que o aparelho interaja com o *spin*, a janela está em branco (marcada com um ponto de interrogação). Depois de medir  $\xi$ , a janela mostra +1 ou -1. Olhando para o aparelho, determinamos o valor de  $\xi$ . Todo esse processo constitui um experimento muito simples projetado para medir  $\xi$ .

Após a medição de  $\xi$ , volta-se as condições iniciais do sem provocar a perturbação do *spin*, e então mede-se novamente. Supondo a lei simples da eq. 1, devemos obter a mesma resposta que obtivemos da primeira vez; cujo resultado será  $\xi = +1$ . Da mesma forma para  $\xi = -1$ . O mesmo acontecerá com qualquer número de repetições. Isso nos permite confirmar o resultado do experimento. Também podemos afirmar da seguinte maneira: a primeira interação com o aparelho  $M$  prepara o sistema em um dos *dois estados*. Experimentos subsequentes confirmam esse estado. Não há aqui diferença entre a Física Clássica e Quântica. Se fizermos uma rotação no equipamento sem a perturbação do *spin* os resultados se mantêm; isso significa que  $\xi$  representa o *grau de liberdade* que está associado ao senso de direção no espaço [Gerlach & Stern, 1922].

Agora que medimos  $\xi$ , vamos redefinir o equipamento na condição de trabalho neutro e, *sem perturbar o spin*, medimos  $\xi$  novamente. Assumindo a simples lei da eq. 1, será obtido o mesmo responder como ocorreu da primeira vez. Esse resultado  $\xi = +1$  será seguido por  $\xi = +1$  e da mesma forma para  $\xi = -1$ . Isso será verdade para qualquer número de repetições. O fato é interessante porque nos permite confirmar o resultado de um experimento concretamente. Também podemos dizer isso da seguinte maneira: A primeira interação com o equipamento  $M$  prepara o sistema para um dos dois estados. Experimentos subsequentes confirmam esse estado. Até agora, não há diferença entre a Física Clássica e a Quântica.

Agora vamos fazer algo novo. Depois de preparar a rotação e medindo com  $M$ , é dada uma rotação de  $180^\circ$  no equipamento sem perturbar o *spin* previamente medido. O que encontramos é que se nós originalmente preparamos  $\xi = +1$ , o equipamento invertido registra  $\xi = -1$ . Da mesma forma, se originalmente fixássemos  $\xi = -1$ , o equipamento invertido registra  $\xi = +1$ . Em outras palavras, intercambiamos a rotação do equipamento  $\xi = +1$  e  $\xi = -1$ . A partir desses resultados, podemos concluir que  $\xi$  é um *grau de liberdade* associado ao *senso de direção no espaço*. Por exemplo, se  $\xi$  fosse um vetor orientado de algum tipo, então seria natural esperar que virando o equipamento inverteria a leitura. Uma explicação simples é que o equipamento *mede* o componente do vetor ao longo de um “eixo embutido no aparelho”.

**Figura 12** O aparelho é girado sem perturbar a rotação previamente medida. Uma nova medição resulta em  $-1$

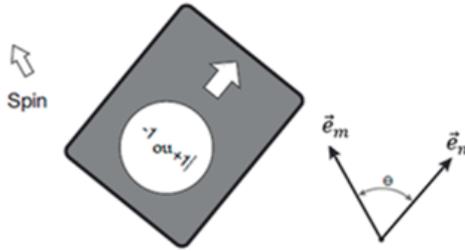


Fonte [Susskind & Friedman, 2015].

Se de fato  $\xi$  realmente representa a componente de um vetor ao longo da *seta para cima*, espera-se obter zero. Por quê? Inicialmente, confirmamos que  $\sigma$  estava direcionado ao longo do eixo  $z$ , sugerindo que sua componente ao longo de  $x$  deve ser zero. Mas temos uma surpresa quando medimos  $\xi_x$ : em vez de registrar  $\xi_x = 0$ , o aparelho registra  $\xi_x = +1$  ou  $\xi_x = -1$ . O aparelho apresenta um “registro teimoso”, não importa para que sentido esteja orientado, ele se recusa a oferecer qualquer resposta que não seja  $\xi = \pm 1$ . Se o spin é realmente um vetor, é realmente muito peculiar. No entanto, o experimento repetido mostra mais ou menos uma série aleatória. Há uma quebra do determinismo, mas de uma maneira particular. Se fizermos muitas repetições, descobriremos que os números de eventos  $\xi = +1$  e eventos  $\xi = -1$  são estatisticamente iguais. Em outras palavras, o valor médio de  $\xi$  é zero. Em vez do resultado clássico, ou seja, que o componente de  $\xi$  ao longo do eixo  $x$  é zero, descobrimos que a *média dessas medições repetidas* é que tem valor zero.

**Figura 13** Equipamento sofre uma rotação angular arbitrária no plano  $x$ - $z$ . A medida resultante é dada pelo valor médio do produto escalar entre os vetores

**Rotação do equipamento para um ângulo arbitrário**



Fonte [Susskind & Friedman, 2015].

Agora repetindo, mas em vez de girar  $M$  para coincidir com o eixo  $x$ , gire-o em uma direção arbitrária ao longo do vetor unitário  $\hat{z}$ . Classicamente, se  $\xi$  fosse um vetor, esperaríamos que o resultado do experimento fosse a componente de  $\xi$  ao longo do eixo  $x$ . Se  $\xi$  estiver em um ângulo  $\theta$  em relação a  $z$ , a resposta clássica seria  $\xi_x = \xi \cos\theta$ . Mas, como você pode imaginar, cada vez que fazemos o experimento, obtemos  $\xi_x = +1$  ou  $\xi_x = -1$ . No entanto, o resultado é estatisticamente fortemente inclinado, de modo que o *valor médio* é  $\cos\theta$ . Um novo experimento no mesmo giro dará resultados aleatórios  $\pm 1$ , mas com um valor médio igual ao cosseno do ângulo entre  $\hat{x}$  e  $\hat{z}$ . Em outras palavras, a média será  $\cos\theta$ . Podemos resumir os resultados de nossa experimentação mental como segue: Se começarmos com  $M$  orientado ao longo de  $\hat{z}$  e confirmarmos que  $\xi = +1$ , então a medição subsequente com  $M$  orientado ao longo de  $\hat{x}$  dá o resultado estatístico  $\cos\theta$ .

## DOS PARÊNTESES DE POISSON A REPRESENTAÇÃO DE DIRAC.

Um pequeno relato sobre o importante conceito introduzido por Paul A. M. Dirac em 1925 na Mecânica Quântica que representa a *matemática básica da programação quântica*. O estado uma partícula é definido pela *amplitude*  $\psi(x,t)$  e o valor médio esperado da grandeza física  $x(t)$  é dado por

$$(40) \underbrace{\langle x(t) \rangle}_{\text{valor médio}} = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot \underbrace{|\psi(x,t)|^2}_{\substack{\text{densidade} \\ \text{de} \\ \text{probabilidade}}} dx$$

Isso não significa que serão realizadas várias medidas para determinar o valor médio como ocorre em experimentos convencionais de laboratório. É a média  $\langle x(t) \rangle$  das medições feitas, todas no estado  $\psi(x,t)$ . Significa, separar um conjunto de partículas, cada uma no mesmo  $\psi(x,t)$  e medir a posição de todas elas:  $\langle x(t) \rangle$  é a *média dos resultados*. Richard Feynman [Feynman, 1948] fez isso para todas as trajetórias possíveis de uma mesma partícula. Considere agora a pergunta: *Qual prioridade deve existir: a do tempo sobre o espaço ou vice-versa?* Nenhuma das duas, o que ocorre na realidade é bem diferente e a melhor resposta está na *otimização*, não há mais necessidade da *causalidade*. Como anteriormente foi discutido [Amado, 2021], o

resultado de uma *medição* é um número. Devemos ter *números* bem como *símbolos abstratos de medição* e nessa Álgebra, as *definições óbvias dos números básicos 1 e 0* são:

$$(41) \underbrace{1}_{\text{número}} \cdot |a_i a_j| = |a_i a_j| \quad \text{e} \quad \underbrace{0}_{\text{número}} \cdot |a_i a_i| = \overset{\text{símbolo}}{\widehat{0}}$$

Dessa forma, valem os produtos

$$(42) |a_i a_j| |a_k a_\ell| = \begin{cases} |a_i a_\ell| = 1 \cdot |a_i a_\ell| \Leftrightarrow a_j = a_k \\ 0 \cdot |a_i a_\ell| = 0 \Leftrightarrow a_j \neq a_k \end{cases}$$

Portanto

$$(43) |a_i a_j| |a_k a_\ell| = \delta \cdot (a_j, a_k) |a_i a_\ell| \text{ com } \delta \cdot (a_j, a_k) = \begin{cases} 1 \leftrightarrow a_j = a_k \\ 0 \leftrightarrow a_j \neq a_k \end{cases}$$

Observe outro fato,

$$(44) \begin{cases} 1 \cdot |a_i a_j| + 1 \cdot |a_i a_j| = (1 + 1) |a_i a_j| \\ 1 \cdot |a_i a_j| + 1 \cdot |a_i a_j| = 2 \cdot |a_i a_j| \end{cases}$$

O conceito de *estado* de um sistema quântico foi estabelecido no parágrafo anterior, então pensando um pouco mais sobre o que significa a operação  $|a_i, a_j|$ , no experimento de Stern e Gerlach, onde apenas uma partícula identificada com o valor  $a_i$  da propriedade A, um breve  $a_j$ , permite uma leitura

**Figura 14** A figura sugere a possibilidade de representar o estado de spin de um átomo de prata no experimento de Stern e Gerlach, por um tipo de vetor em um novo tipo de espaço vetorial bidimensional (espaço binário).



O resultado na saída é uma partícula  $a_j$ . É como se a partícula em princípio  $a_i$  fosse destruída e em seu lugar fosse criada uma partícula  $a_j$ . Este é um processo mental de duas etapas que é indistinguível do mundo real. Sugere a possibilidade de representar o estado de spin de um átomo de prata no experimento, por um *tipo de vetor em um novo tipo de espaço vetorial bidimensional*, um *espaço vetorial abstrato* que não deve ser confundido com o espaço bidimensional usual.

Com base nos princípios gerais da Mecânica Quântica, a propriedade A será medida com o valor  $a_i$  quando entra no equipamento; e como resultado na saída da será  $a_j$ . Paul A. M. Dirac [Dirac, 1939] desenvolveu uma notação padrão para representar os estados quânticos para tais processos, também é utilizada para denotar *vetores e funcionais lineares abstratos na Matemática*. A notação associa a cada estado dinâmico é um certo tipo de vetor denominado

vetor *ket* e representado pelo símbolo  $|\rangle$ . Assim por exemplo o *ket*  $u$  é representado pelo símbolo  $|u\rangle$ . Os *kets* formam um *espaço vetorial linear* em *infinitas dimensões*<sup>2</sup>, portanto qualquer combinação linear de *kets* tem como resultado um vetor *ket*. O *estado físico* por exemplo no experimento SG usando átomos de prata é representado por

$$(45) |u\rangle = \alpha|u_1\rangle + \beta|u_2\rangle$$

A soma é um *ket*.

Também é conhecido da Álgebra Linear, que podemos associar ao *espaço vetorial*, um *espaço vetorial dual*. Dessa forma qualquer função linear dos *kets* possui uma propriedade de superposição característica dos vetores que conseqüentemente é denominada *vetor bra* representado pelo símbolo  $\langle|$ . Assim uma função qualquer  $f(|u\rangle)$  define o *bra*  $\langle f|$ . O valor que a função toma para um *ket*  $|u\rangle$  particular é um *número complexo* em geral **que** é representado pelo símbolo  $\langle f|u\rangle$ .

Então pode-se assim representar a ideia discutida simbolizada como

$$(46) \overbrace{|a_i a_j|}^{\substack{a_i \text{ entra} \\ \text{e sai } a_j}} \equiv \underbrace{|a_i\rangle\langle a_j|}_{\substack{a_i \text{ destruído} \\ a_j \text{ criado}}}$$

Isso representa um passo à frente, um produto de dois símbolos de um novo tipo. O produto é conhecido como o *produto externo*, sendo considerado como um *operador*; portanto, é fundamentalmente diferente do produto interno, que é apenas um número. Um *operador* deve atuar à esquerda de um *ket* ou à direita de um *bra*.

## Axioma 2. Propriedade Associativa.

Dado o *operador* e o *ket* vale a associatividade:

$$(47) (|a_i\rangle\langle a_j|) \cdot |a_k\rangle = |a_i\rangle(\langle a_j|a_k\rangle)$$

Se houver compatibilidade das propriedades algébricas apreendidas com a simbologia  $|a_i a_j|$  com a simbologia de Dirac, então ficará confirmada a validade da álgebra do processo experimental; assim

$$|a_i\rangle\langle a_j|a_k\rangle\langle a_\ell| = \delta(a_j, a_k)|a_i\rangle\langle a_\ell| = \langle a_j|a_k\rangle$$

Portanto

$$(48) \langle a_j|a_k\rangle = \delta(a_j, a_k)$$

O significado físico é consistente desde que se considere que  $a_j$  represente a situação *final* e  $a_k$  a situação *inicial*

$$(49) \langle a_j|a_k\rangle = \begin{cases} a_i = a_j : \text{Sim, representado por } 1 \\ a_i \neq a_j : \text{Nao, representado por } 0 \end{cases}$$

Agora, de forma mais geral relativo ao experimento de SG, primeiro medimos alguma propriedade **A** e selecionamos o resultado particular  $a_i$  que simbolizamos pela criação de uma partícula  $a_i$  indicando . Sequencialmente é realizada uma outra medição **B** (sem especifica-

<sup>2</sup> Espaço de Hilbert, denominação dada após David Hilbert, em sua publicação de 1912, generalizar a noção de Espaço Euclidiano. Ele estendeu os métodos da Álgebra Vetorial e Cálculo do espaço tridimensional para espaços com qualquer número de dimensões, in BOURBAKI, 2003 e BOURBAKI, 1967.

ção) e simbolizado por  $M()$  de tal modo que Na etapa final ocorre a aniquilação (detecção) de  $a_i = \alpha$  produzindo um número que é uma *probabilidade*

$$(50) \quad \mathcal{P}(a_i, M(B)) = \langle a_i | M(B) | a_i \rangle$$

Podem ser considerados *três tipos de medição*:

1ª) a medida  $B$  que seleciona  $b_m$

$$(51) \quad M(B) = |b_m\rangle\langle b_m| \Rightarrow \mathcal{P}(a_i, |b_m, b_m\rangle) = \mathcal{P}(a_i, b_m) = \langle a_i | b_m \rangle \langle b_m | a_i \rangle$$

2ª) a medida  $B$  que seleciona qualquer  $b_m$  ou  $b_n$  onde  $b_m \neq b_n$

$$(52) \quad M(B) = |b_m\rangle\langle b_m| + |b_n\rangle\langle b_n|$$

$$\mathcal{P}(a_i, b_m \text{ ou } b_n) = \langle a_i | b_m \rangle \langle b_m | a_i \rangle + \langle a_i | b_n \rangle \langle b_n | a_i \rangle = \mathcal{P}(a_i, b_m) + \mathcal{P}(a_i, b_n).$$

3ª) a medida  $B$  que seleciona todo  $b_m$  sem influencia

$$(53) \quad M(B) = \sum_m |b_m\rangle\langle b_m| = 1$$

$$(54) \quad \mathcal{P}(a_i, 1) = \sum_m \langle a_i | b_m \rangle \langle b_m | a_i \rangle = \langle a_i | 1 | a_i \rangle = \sum_m \mathcal{P}(a_i, b_m) = 1$$

Então é verdade que a *medição menos específica* que seleciona  $b_m$  ou  $b_n$ , que tem ambos os átomos feixe transmitido, tem um resultado com a maior probabilidade:

$$(55) \quad \mathcal{P}(a_i, b_m) + \mathcal{P}(a_i, b_n)$$

Esse é o resultado da *medição menos específica* e que tem a *maior probabilidade*. No caso da medida  $B$ , quando ela for apenas  $A$ , supondo também que  $b_m = a_j$ ,

$$(56) \quad \mathcal{P}(a_i, a_j) = \begin{cases} 1 & \Leftrightarrow a_i = a_j \\ 0 & \Leftrightarrow a_i \neq a_j \end{cases} \Rightarrow \delta(a_i, a_j)$$

Realmente

$$(57) \quad \langle a_i | a_j \rangle \langle a_j | a_i \rangle = [\delta(a_i, a_j)]^2 = \delta(a_i, a_j)$$

Que tipo de números são os tal que está neste intervalo e não é um número negativo ou complexo. Existem duas possibilidades:

$$i) \langle a_i | b_m \rangle \in \mathbb{R} \text{ e } \langle a_i | b_m \rangle = \langle b_m | a_i \rangle \therefore \mathcal{P}(a_i, b_m) = [\langle a_i | b_m \rangle]^2 \geq 0$$

Automaticamente desde que a soma de todas as *probabilidades não negativas* seja igual a 1. Na verdade, um esquema apenas com números reais, no qual não existe número ao quadrado igual a -1, não funciona.

$$ii) \langle a_i | b_m \rangle \in \mathbb{C} \text{ e } \langle b_m | a_i \rangle = \langle a_i | b_m \rangle^* \therefore \mathcal{P}(a_i, b_m) = [\langle a_i | b_m \rangle]^2 \geq 0$$

A construção de probabilidades como quadrados absolutos fornece um nome para os números complexos : *amplitude de probabilidade*. Representa, portanto, a *amplitude de probabilidade* de ir de um estado qualquer para outro. É fácil verificar que se *operador X* é dado por então seu conjugado

$$(58) X = |x_i\rangle\langle x_j| \Rightarrow X^* = |x_j\rangle\langle x_i|$$

Devido ao Axioma 2

$$(59) (\langle x_j|)(X|x_i\rangle) = (\langle x_j|X)(|x_i\rangle) \equiv \langle x_j|X|x_i\rangle$$

Portanto, para o operador hermitiano  $X$

$$(60) \langle x_j|X|x_i\rangle = \langle x_i|X|x_j\rangle^*$$

## Teorema 6

Os autovalores de um operador  $X$  hermitiano são reais, os autokets de  $X$  correspondentes aos diferentes autovalores são ortogonais.

Seja

$$X|x_1\rangle = x_1|x_1\rangle$$

Por hipótese  $X$  é hermitiano, então

$$\langle x_2|X = x_2^*\langle x_2|$$

Aqui  $x_1, x_2, x_3, \dots$  são os autovalores de  $X$ . Multiplicando a primeira por a esquerda

$$\langle x_2|X|x_1\rangle = \langle x_2|x_1|x_1\rangle$$

Multiplicando a segunda por a direita e subtraindo

$$\langle x_2|X|x_1\rangle = x_2^*\langle x_2|x_1\rangle$$

$$\langle x_2|x_1|x_1\rangle - x_2^*\langle x_2|x_1\rangle = x_1\langle x_2|x_1\rangle - x_2^*\langle x_2|x_1\rangle = (x_1 - x_2^*)\langle x_2|x_1\rangle = 0$$

Os valores  $x_1$  e  $x_2$  podem ser iguais ou diferentes. Supondo que são diferentes

$$(x_1 - x_2^*) = (x_1 - x_2)$$

Não são nulos, então

$$\langle x_2|x_1\rangle = 0$$

O que prova a ortogonalidade. O teorema garante a realidade dos autovalores sempre que o operador for hermitiano.

Em relação a medição, é fato que sempre faz com que o sistema salte para um estado próprio da variável dinâmica que está sendo medida. Isso significa que antes que uma medição do observável  $A$  seja feita, o sistema é assumido como representado por alguma combinação linear dos kets

$$(61) |\alpha\rangle = \sum_i c_{a_i}|a_i\rangle = \sum_i |a_i\rangle\langle a_i|\alpha\rangle$$

Quando a medição é realizada, o sistema assume um dos autoestados do observável  $A$ , por exemplo  $|a_i\rangle$ , ou seja

$$(62) |\alpha\rangle \xrightarrow{\text{medida de } A} |a_i\rangle$$

É instrutivo considerar o caso da partícula com spin  $S$  como na experiência de SG, representando na base ket  $|S, +\rangle$  ou  $|S, -\rangle$  por exemplo, quando um átomo de prata com uma orientação de spin arbitrária mudará para qualquer  $S$ . Portanto, uma medição geralmente muda

o estado (como mostrado nos parágrafos anteriores). A única exceção é quando o estado já está em um dos *autoestados do observável* sendo medido, caso em que

$$(63) \quad |a_i\rangle \xrightarrow{\text{medida de } A} |a_i\rangle$$

Quando a medição faz com que  $|\alpha\rangle$  mude para  $|a_i\rangle$ , diz-se que  $A$  é medido como  $a_i$ . É nesse sentido que o resultado de uma *medição* produz um dos *autovalores do observável* sendo medido.

O estado de um sistema físico antes da medição, não permite saber com antecedência em qual dos vários  $|a_i\rangle$  o sistema será definido como *resultado da medição*, dado por

$$(64) \quad |\alpha\rangle = \sum_i c_{a_i} |a_i\rangle = \sum_i |a_i\rangle \langle a_i | \alpha \rangle$$

No entanto, a *probabilidade* ou mais corretamente, a *amplitude de probabilidade*, de saltar para algum  $|a_i\rangle$  em particular é dada por

$$(65) \quad \mathcal{P}(|a_i\rangle) = |\langle a_i | \alpha \rangle|^2$$

Embora o comentário seja sobre um único sistema físico, para determinar essa *amplitude de probabilidade* empiricamente, deve-se considerar um *grande número de medições realizadas em um conjunto*; isto é, uma coleção de sistemas físicos preparados de forma idêntica, todos caracterizados pelo mesmo ket  $|\alpha\rangle$ .

A interpretação da *amplitude de probabilidade* para o quadrado do produto interno  $(\langle a_i | \alpha \rangle)^2$  é uma postulação fundamental da Mecânica Quântica. Refletindo sobre isso para um caso extremo, onde um suposto estado ket  $|a_i\rangle$  resultado da *medição* para ser igual a 1, que é justamente esperado. Realizando novamente a *medição* de  $A$ , é obtida claro, apenas  $|a_i\rangle$ ; pois as *medições repetidas* e sucessivas do mesmo *observável* produzem o mesmo resultado. Se, por outro lado, estamos interessados amplitude de probabilidade do sistema inicialmente caracterizado por  $|a_i\rangle$  assumir algum outro *autoket*  $|a_j\rangle$  com  $a_i \neq a_j$ , então a *amplitude de probabilidade* se anula devido a ortogonalidade entre os kets.

Do ponto de vista da *teoria da medição*, kets ortogonais correspondem mutuamente a alternativas exclusivas como por exemplo no caso dos *spins*, se o sistema está em  $|S, +\rangle$  certamente não estará em  $|S, -\rangle$ . Além disso, as *probabilidades* para as várias possibilidades alternativas devem totalizar a unidade. Ambas as expectativas são atendidas pela *amplitude de probabilidade* para  $\mathcal{P}(|a_i\rangle)$ .

O *valor esperado* (não é *autovalor*) do observável  $A$  tomado em relação ao estado  $|\alpha\rangle$

$$(66) \quad \langle A \rangle = \langle \alpha | A | \alpha \rangle$$

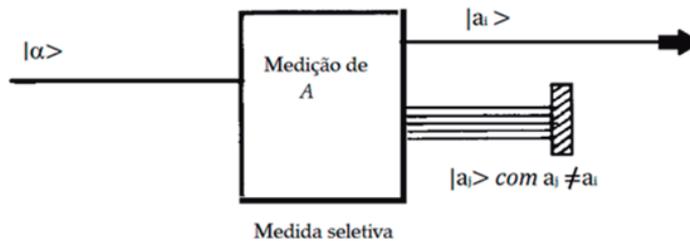
Para ter certeza de que estamos nos referindo ao estado  $|\alpha\rangle$ , pode-se usar uma a notação  $\langle A \rangle_\alpha$  para simplificar; mas  $\langle A \rangle = \langle \alpha | A | \alpha \rangle$  é uma definição; no entanto, concorda com a noção intuitiva de *valor médio medido* porque pode ser escrita como

$$(66) \quad \langle A \rangle = \sum_i \underbrace{a_i}_{\substack{\text{valor} \\ \text{medido}}} \overbrace{|\langle a_i | \alpha \rangle|^2}^{\text{probabilidade de obter } a_i}$$

Para esclarecer ainda mais o significado das *medições na Mecânica Quântica*, usa-se a noção de uma *medição seletiva*, ou *filtro*. No parágrafo III.1 foi considerado o arranjo do experimento

de SG. Esse experimento permite o uso de um bloqueio para um dos componentes e dessa forma apenas um dos componentes de spin sai do aparelho, como na figurinha

**Figura 15** A medição idealizada no diagrama é seletiva e realizada pelo equipamento, bloqueando uma das componentes, análogo a polarização da luz e ao experimento de Stern- Gerlach.



Matematicamente, podemos dizer que tal medida seletiva equivale a aplicar o *operador*  $|a_i\rangle\langle a_i|$  sobre  $|\alpha\rangle$ , ou seja  $|a_i\rangle\langle a_i|\alpha\rangle$ . Então, é possível apresentar algumas conclusões essenciais:

- i) A propriedade de composição das funções transformação e sua interpretação em *amplitudes de probabilidade* implicam que a álgebra de medição pode ser realizada como um conjunto de *operadores lineares em um espaço complexo* com métrica *hermitiana*.
- ii) Com cada estado máximalmente filtrado (isto é, puro) é caracterizado pelos números quânticos,  $a_i$ , associado associar um vetor *ket*  $|a_i\rangle$  e um vetor dual *bra*  $\langle a_i|$ , onde o conjunto  $\{|a_i\rangle\}$  é uma base ortonormal do espaço vetorial e  $\{\langle a_i|\}$  é uma base ortonormal do espaço vetorial dual.
- iii) A *medição* é um *operador projeção*  $|a_i\rangle\langle a_i|$  sobre o estado  $|\alpha\rangle$ , sendo *operador hermitiano* correspondendo ao *observável*  $A$ , onde  $|a_i\rangle$  é o *autoket de A* cujo *autovalor* é  $a_i$ .
- iv) Somente *operadores hermitianos* com um conjunto completo de *autokets* podem ser candidatos a *observáveis*.
- v) A álgebra dos observáveis e o produto escalar entre estados (as *probabilidades*) são invariantes sob transformações unitárias (uma afirmação aqui feita sem demonstrar) e como consequência *operadores unitários* formam um *grupo*.
- vi) Como qualquer *ket* pode ser definido a partir de outro por uma *combinação linear de símbolos de medição*, todos os *kets* devem ter significado físico, ou seja, correspondem aos *estados físicos* [Gottfried, 2018]

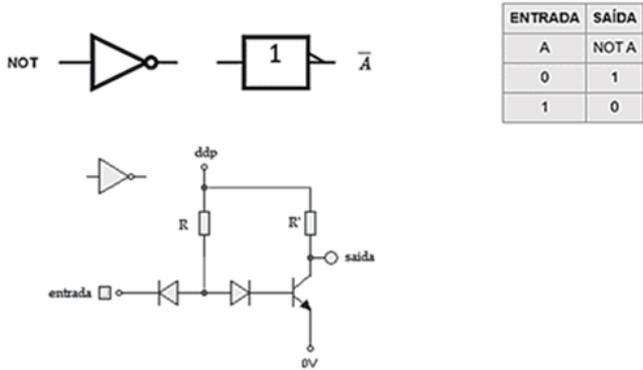
## FÍSICA E COMPUTADORES

Em meados da década de 1970, a partir do aperfeiçoamento do *hardware*, uma longa série de aperfeiçoamentos tecnológicos originário das pesquisas em Física no domínio dos *semicondutores*, levou a invenção do *transistor* (*transfer resistor*, um dispositivo semiconductor) substituindo as válvulas eletrônicas (que suprimia todos os atritos mecânicos que constituíam um limite intransponível da velocidade das operações, como aquelas da *máquina de Babbage*, mas limitadas pelo alto consumo de energia e geradora de calor, as perdas térmicas).

A utilização das *memórias de núcleos magnéticos*, levou alguns físicos a questionar as possíveis conexões entre Física e Computação. Inicialmente, esses esforços se concentraram em entender a Termodinâmica da Computação clássica [Amado, 2002], fazendo perguntas sobre a quantidade de energia que poderia ser gasta para realizar um determinado processamento, o quanto de calor é dissipado quando um bit é apagado da memória, existindo limites fundamentais na taxa de informações que podem ser processadas e se existe um limite superior para a velocidade de processamento [Margolus, 1996; Deutsch, 1982; Amado, 2002].

A idealização teórica de computadores hipotéticos levou a *experimentos mentais* que revelaram algumas conexões intrigantes entre a *reversibilidade lógica* e a *reversibilidade termodinâmica*. Certas operações lógicas, como a operação NOT, são *logicamente reversíveis* porque, dado o conhecimento do bit de saída, você pode inferir o bit de entrada sem ambiguidade e vice-versa.

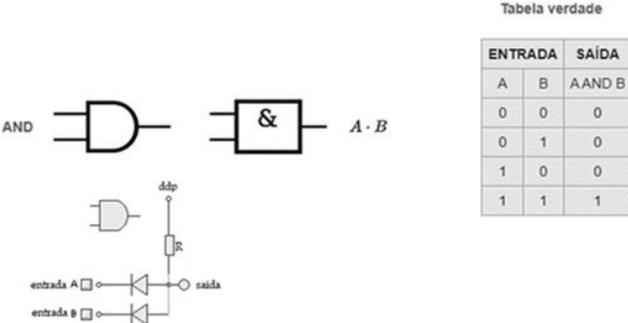
**Figura 16 Diagrama de bloco e circuito hipotético equivalente**



**Fonte [Clewater and Williams, 1997]**

Por outro lado, outras operações, como o bit a bit - AND (&) de dois bits, são logicamente irreversíveis porque nem sempre é possível inferir os bits de entrada com o conhecimento apenas do bit de saída. Por exemplo, se o bit de saída for 0, os bits de entrada podem ser 00, 10 ou 01.

**Figura 17 Operação de dois bits**



**Fonte [Clewater & Williams, 1997]**

Em 1987 o físico da IBM Charles H Bennett, com base no trabalho de Leo Szilard (1898-1964) publicado em 1929, mostrou que qualquer operação lógica irreversível *dissiparia uma quantidade mínima de energia*. Na verdade, isso ocorre sempre que um processamento computacional *descarta informações*, como tomar o *bit a bit AND* de dois bits, **0** e **1** ou apagar um *bit* de um registro de memória. No entanto, uma *operação logicamente reversível* não precisa dissipar energia. Bennett foi capaz de mostrar que uma *máquina de Turing logicamente reversível completa* era uma possibilidade teórica [Bennet, 1973]. No entanto, para realmente construir um *computador reversível*, seriam necessárias *portas lógicas reversíveis*.

Assim, tornou-se uma questão interessante saber se existia uma *porta lógica clássica que fosse reversível* (no sentido de que suas entradas pudessem ser usadas para inferir suas saídas e vice-versa) e *universal* (no sentido de que qualquer função computável pudesse ser calculada usando um circuito construído com tais portas). *A priori* não era muito claro se tal *porta lógica* seria possível.

Em 1982, o físico italo-americano Tommaso Toffoli, um dos pais do *autômato celular* [Amado, 1996] e o físico norte americano Edward Fredkin do Laboratório de Ciências da Computação do MIT, criaram uma *porta lógica* provando que as Leis da Física Clássica permitiriam uma reversibilidade universal de uma porta lógica clássica [Fredkin & Toffoli, 1982]. Posteriormente esse dispositivo foi redesenhado de uma maneira mais prática usando fótons para codificar *bits* com as técnicas da Óptica não linear, foi implementado pelo físico teórico australiano Gerard J. Milburn desenvolveu um modelo óptico simples para uma *porta lógica reversível e potencialmente livre de erros* em condições operacionais muito específicas, um dispositivo que não dissipa energia e faz uso da não linearidade para produzir mudanças de fase dependentes da intensidade. Seu estudo é um dos primeiros que envolve diretamente os conceitos da Mecânica Quântica [Milburn, 1989].

No início da década de 1980 norte americano Paul Bennioff, do Argonne National Laboratory, baseou-se nos resultados anteriores do físico teórico alemão Rolf Landauer (1927-1999) um especialista em *física da informação* (aluno do físico francês Léon Nicolas Brillouin, praticamente o criador da Ciência e Teoria da Informação) e Charles Bennett, para mostrar que um computador poderia, em princípio, funcionar de maneira puramente quântica [Bennioff, 1980]. Ele idealizou um modelo quântico da *máquina de Turing*, baseado no clássico estudo de Bennett das *máquinas de Turing reversíveis*, já comentado acima. Mostrou que para cada número na *máquina de Turing Q*, existiria uma *função hamiltonian  $\mathcal{H}$*  e uma classe de estados iniciais apropriados  $\psi_Q$  de tal modo que se  $\psi_Q^N(0)$  é um estado inicial, então para qualquer instante temporal  $t$ , implica . Logo depois, David Deutsch, do Instituto de Matemática da Universidade de Oxford, e outros cientistas nos EUA e em Israel começaram a *modelar computadores quânticos* para descobrir como eles poderiam diferir dos clássicos. Em particular, eles se perguntavam se os efeitos da Mecânica Quântica poderiam ser explorados para acelerar os cálculos ou para realizar cálculos de novas maneiras.

A primeira ramificação, chamada de observação paralela, é: Você pode fazer isso com um novo tipo de computador, um *computador quântico*? Richard Feynman [Feynman, 1985] apresentou a resposta mostrando que é possível simular isso num sistema quântico, como elementos de *computador quântico*. Não é uma máquina de Turing, mas uma máquina de um tipo diferente. Iniciamos *desconsiderando* a continuidade do espaço e a tornando *discreta*, e assim por diante, como uma aproximação, da mesma forma que nos permitimos fazer no caso clássico. O Princípio da Incerteza não ofereceria algum impedimento? Não necessariamente; pois um resultado da Ciência da Computação conhecido é que um *computador universal* pode

ser idealizado a partir de uma rede adequadamente complexa de elementos primitivos interconectados.

Seguindo a análise clássica usual, podemos imaginar as interconexões como condutores ideais sob tensões padrão, representando os estados **1** e **0**, que classicamente representa a unidade de informação elementar (um sistema físico pode ser, por exemplo, um interruptor que pode estar *aberto 0* ou *fechado 1*, ou um ímã cuja magnetização pode ser orientada em duas direções diferentes, *para cima 0* ou *para baixo 1*). O *análogo quântico* de um *bit* seria como uma *partícula de dois estados*; e estendendo a prática comum em usar o mesmo termo *bit* que descreve o sistema clássico de dois estados para representar o valor do *bit abstrato*. Mas o uso de um único termo para caracterizar tanto o *bit abstrato (0 ou 1)* quanto o sistema físico, cujos dois estados representam os dois valores é uma fonte potencial de confusão. Para evitar tal confusão, podemos fazer analogia com Paul Dirac para descrever quantidades clássicas e suas generalizações da Mecânica Quântica: o *c-number* e *q-number*; então teríamos o termo *C-bit* (C de clássico) para descrever o sistema físico clássico de dois estados e *Q-bit* para descrever sua generalização quântica. Esta terminologia acabou sendo aceita com uma pequena alteração: *bit* (para o clássico) e *Q-bit* para descrever sua generalização quântica, que infelizmente foi adaptado absurdamente para o *qubit* ortográfico (não confundir com a medida inglesa *cubit*), uma invenção de Benjamin Schumacher [Schumacher, 1995].

A denominação surgiu a partir da analogia entre o conceito de *entropia de um sistema quântico* proposta pelo o gênio da Matemática do séc. XX, John von Neumann (1903- 1957) [Neumann, 1996], um aluno do lendário matemático húngaro László Rátz (1863 - 1930) e o conceito de *entropia* do pai da Teoria da Informação, o engenheiro eletrônico norte-americano da AT&T- Bell Laboratories, Claude E Shannon (1916- 2001)

$$(67) \quad \begin{aligned} \text{Entropia de Shannon } H(A) &= -\sum_a \mathcal{P}(a) \log_2 \mathcal{P}(a) \\ \text{Entropia de von Neumann } S(\rho) &= -\text{Tr} \rho \cdot \log_2 \rho \end{aligned}$$

De fato, se nós interpretarmos as probabilidades  $\mathcal{P}(a)$  da *entropia de Shannon* como os autovalores do *operador densidade*  $\rho$  da *entropia de Neumann*, então  $S(\rho)$  é numericamente igual a  $H(A)$ . Embora com aparente similaridade esses dois conceitos são igualmente diferentes, pois a diferença é percebida quando se considera uma *fonte de sinal quântico*, que pode ser parte de um sistema de comunicação quântica, um dispositivo que codifica cada mensagem  $a$  da fonte  $A$  em um estado-sinal  $|a_Q\rangle$  de um sistema quântico  $Q$ . Então o conjunto de sinais da fonte de sinal irá ser definido a partir dos *operadores densidade*  $\pi_a$ , que são as *projeções*  $\pi_a = |a_Q\rangle\langle a_Q|$  (usando aqui a notação apreendida acima)

$$(68) \quad \rho = \sum_a \mathcal{P}(a) \pi_a$$

A *entropia*  $S(\rho)$  de von Neumann será igual a *entropia da mensagem de Shannon* somente no caso particular quando os sinais  $|a_Q\rangle$  forem *ortogonais entre si*, revelando aqui os *auto-estados* de  $\rho$ . Nos casos em que isso não acontece  $S(\rho) < H(A)$  e os auto-estados  $\rho$  podem não ser uma relação simples envolvendo os *estados sinal*. Então nenhum *observável decodificado* será suficiente para recuperar o conteúdo completo da informação da mensagem emitida pela fonte de sinais quânticos. O *teorema de Holevo* [Schumacher, 1995; Holevo, 1998] prevê a conexão, dando uma informação teórica sobre o significado de  $S(\rho)$ , não prevendo a interpretação em termos de *informação clássica*; e dessa maneira as *unidades de informação quântica*, os *q-bits* na *entropia de von Neumann* de um sistema vão representar o *número médio de unidades de informação* necessários para codificar os estados do sistema num processo de codificação ideal. Então a

entropia quântica  $S$  é a medida dos recursos físicos necessários para representar o conteúdo de informação de um sistema [Stonier, 1990] em *estados mistos*, uma vez que o *estado misto* surge a partir do *processo estocástico* ou pelo rastro decorrente do entrelaçamento quântico com o mundo externo. A *entropia quântica* é medida em  $Q$ -bits.

Os únicos estados que um  $C$ -bit pode ter são definidos pelos vetores bidimensionais ortonormalizados  $|0\rangle$  e  $|1\rangle$ ; os únicos vetores com algum significado clássico em todo o *espaço vetorial bidimensional*. Felizmente, a natureza nos forneceu sistemas físicos,  $Q$ -bits, descritos por estados que não sofrem dessa limitação. É prática comum chamar o símbolo  $|0\rangle$  ou  $|1\rangle$  de estado do  $C$ -bit, usando assim o mesmo termo para se referir tanto à condição física do  $C$ -bit quanto ao símbolo abstrato que representa essa condição física. Não há nada de incomum nisso, por exemplo, geralmente se usa a palavra *posição  $x$*  na Mecânica para se referir a posição física de uma partícula ou corpo. Isso é uma prática comum, embora pouco notada, chamando a atenção para o fato que no caso quântico, *estado* se refere apenas ao símbolo, *não havendo propriedade interna* do  $Q$ -bit que o símbolo representa. É um *vetor de estado unitário* pertencente a um *espaço vetorial complexo*, o *espaço bidimensional de Hilbert* identificado com  $\mathbb{C}^2$ , conhecido como *espaço dos estados*; o  $Q$ -bit, é portanto, descrito por sistemas de dois níveis da Mecânica Quântica, como os dois estados de spin  $1/2$  ou os estados de polarização transversal e longitudinal de um único fóton, com a diferença em relação ao  $C$ -bit de que o *estado físico* é descrito por amplitudes complexas.

Dessa forma podemos matematicamente sempre identificar o *espaço bidimensional de Hilbert* com  $\mathbb{C}^2$  (o *espaço  $Q$ -bit* onde está estocada a informação contida no  $Q$ -bit) escolhendo convenientemente o conjunto máximo dos pares de vetores unitários ortogonais, linearmente independentes num espaço linear munido do produto escalar. Como na Mecânica Quântica o espaço dos estado de um sistema quântico consistindo das posições, momentos, polarizações, spins, etc de várias partículas é modelado no espaço de Hilbert das funções de onda, na Computação Quântica são necessários apenas os sistemas quânticos finitos o suficiente para considerar o espaço vetorial complexo dimensionalmente finito, munido do produto interno o que portanto não ocorre no mundo da computação clássica, onde cada  $C$ -bit é mapeado por “partículas quânticas” de dois estados, os  $Q$ -bits (não valendo o inverso). Quando trabalhamos com  $n$   $Q$ -bit, cada um é vetor unitário no *espaço de Hilbert*  $\mathbb{C}^2 \otimes \mathbb{C}^2 \otimes \mathbb{C}^2 \otimes \dots \otimes \mathbb{C}^2$ ; com uma base natural para esse espaço consistindo de  $2^n$  vetores

$$(69) \quad \begin{array}{l} |0\rangle \otimes |0\rangle \otimes |0\rangle \cdots \otimes |0\rangle \\ |0\rangle \otimes |0\rangle \otimes |0\rangle \cdots \otimes |1\rangle \\ \vdots \\ |1\rangle \otimes |1\rangle \otimes |1\rangle \cdots \otimes |1\rangle \end{array}$$

que por brevidade os *produtos tensoriais* são identificados por

$$(70) \quad |x_1\rangle \otimes |x_2\rangle \otimes |x_3\rangle \cdots \otimes |x_n\rangle = |x_1 x_2 x_3 \cdots x_n\rangle = |x\rangle / x \in \mathbb{Z}$$

Portanto uma representação *binária* do número  $x \in \mathbb{Z}$ , um número entre  $0$  e  $2^{2n-1}$ . Então por exemplo, o  $Q$ -bit é representado no espaço bidimensional  $\mathbb{C}^2 \otimes \mathbb{C}^2 = \mathbb{C}^4$  com base  $\{|0\rangle, |1\rangle\}$

$$(71) \quad |0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ e } |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Em  $\mathbb{C}^4$  os vetores da base operam segundo

$$(72) \quad \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(73) \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(74) \quad \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(75) \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Os vetores serão respectivamente  $|00\rangle$ ,  $|01\rangle$ ,  $|10\rangle$  e  $|11\rangle$  e  $\mathbb{C}^4$  é o *espaço das superposições*; de modo que diversas transformações podem ser efetuadas sobre um sistema físico (embora as transformações lineares num espaço vetorial sejam representadas por uma multiplicação matricial), lembrando que a condição de normalização deve ser estar satisfeita pelo estado do sistema quântico antes e após a transformação.

Para um único *Q-bit*, o vetor  $|\psi\rangle$  é escrito em forma vetorial como

$$(76) \quad |\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle / a, b \in \mathbb{C} \text{ e } |\psi\rangle\langle\psi| \Rightarrow |a|^2 + |b|^2 = 1$$

Aqui as quantidades  $|a|^2$  e  $|b|^2$  são as probabilidades que definem se o *Q-bit* está no estado  $|0\rangle$  ou  $|1\rangle$ . Também mais geralmente, pode ser escrito

$$(77) \quad |\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle = a \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + b \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

Um estado arbitrário de um sistema com dois *Q-bit* num espaço vetorial de quatro dimensões é escrito na forma

$$(78) \quad |\psi\rangle = a_1|00\rangle + a_2|11\rangle + a_3|10\rangle + a_4|01\rangle / a_i \in \mathbb{C} \text{ e } \sum_{i=1}^4 (a_i)^2 = 1$$

Em geral um sistema com  $n$  *Q-bit* pode ser representado por  $2^n$  numa sequência de  $2^n$  *Q-bits* de estados puros distintos por  $2^n$  coeficientes complexos

$$(79) \quad |\psi\rangle = \sum_{i=0}^{2^n-1} a_i \cdot |x_i\rangle / a_i \in \mathbb{C} \text{ e } \sum_{i=0}^{2^n-1} (a_i)^2 = 1$$

Como cada *Q-bit* adicional dobra o número de estados puros representado e posteriormente manipulado por operações lógicas em a cada passo do ciclo que o componente consegue realizar a cada segundo, podemos concluir que a Computação Quântica oferece potencialmente em escala exponencial o poder de computação com apenas um aumento polinomial nos recursos de dados. Os computadores quânticos revolucionarão a computação de uma forma profunda devido à enorme aceleração que eles prometem.

## CONCLUSÃO

Este artigo considerou o mínimo teórico para iniciar uma caminhada no estudo da tecnologia nascente da Computação Quântica. Embora a Computação Quântica seja uma extensão da Computação Clássica para o processamento de informações quânticas, usando sistemas como átomos individuais, moléculas ou fótons, tem o potencial para conduzir uma revolução espetacular na Ciência da Computação.

Finalizando com um último exemplo, os átomos de Hidrogênio poderiam ser usados para armazenar *bits de informação* em um Computação Quântico. Um átomo em seu estado fundamental, com seu elétron em seu nível de energia fundamental, pode representar um **0**; o mesmo átomo em estado excitado, com seu elétron em um nível de energia mais alto pode representar um **1**. O bit do átomo, **0** ou **1**, pode ser invertido para o valor oposto usando um pulso de luz laser (em comprimentos de onda do amarelo). Se os fótons no pulso tiverem a mesma quantidade de energia que a diferença entre o estado fundamental do elétron e seu estado excitado, o elétron saltará de um estado para o outro. A leitura do bit que um átomo armazena é feita usando um pulso de laser com a mesma quantidade de energia que a diferença entre o estado excitado do átomo, chamado  $E_1$ , e um estado ainda mais alto e menos estável,  $E_2$ . Se o átomo está em seu estado fundamental, representando um **0**, esse pulso não tem efeito. Mas se estiver em  $E_1$ , representando um **1**, o pulso o empurra para  $E_2$ . O átomo então retornará a  $E_1$ , emitindo um fóton revelador.

A Computação Quântica pode parecer um tópico para ficção científica, mas pequenos computadores quânticos existem há vários anos e máquinas maiores estão na mesa de projetos. Quantidade de informações processadas com recursos de escala linear na melhor das hipóteses, os cálculos quânticos, empregam fenômenos quânticos interagindo para permitir que a quantidade de informação processada esteja numa escala exponencial em termos de no número de bits quânticos, os *qubits*, no sistema.

Ao contrário do que às vezes se lê nas redes sociais e na mídia de popularização, os computadores quânticos não levam a uma computação exponencialmente mais rápida em geral (assim como o emaranhamento leva a uma comunicação mais rápida que a luz). De fato, o conjunto de problemas computacionais até onde sabemos, os computadores quânticos permitem uma aceleração substancial ainda é bastante pequeno, e podemos de fato provar que para muitos outros problemas os computadores quânticos não são melhores que os computadores clássicos [Aaronson, 2008].

Em termos tecnológicos, arquiteturas fazendo uso da tecnologia de semicondutores de óxido metálico complementar CMOS, tem sido propostas, envolvendo baixíssimas temperaturas, da ordem de  $-150$  °C (criogenia); como a chamada Crio-CMOS, que aproveita a infra-estrutura de fabricação CMOS, enquanto explora a contínua melhoria de desempenho e miniaturização possibilitando a fabricação de um *computador quântico prático* como tem sido proposto pela equipe do IARC Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems, da University of Sydney, na Austrália [Pauka, et al, 2021]. A eletrônica CMOS criogênica (crio-CMOS) poderá permitir interconexões viáveis e compactas entre o controlador e o processador quântico. No entanto, projetar circuitos integrados crio-CMOS irá requerer um novo conjunto de modelos de dispositivos CMOS, sua incorporação em ferramentas de projeto e verificação, e a possibilidade de co-simular o crio-CMOS/arquitetura do processador quântico para otimização de todo o sistema. Essa possibilidade da utilização da tecnologia crio-CMOS, permite na análise das perspectivas de dimensionamento de sistemas de Computação Quântica uma possibilidade interessante que poderia ser implementada com algumas

alterações no LPCIAD- Laboratório de Projetos de Circuitos Integrados Analógicos e Digitais da Universidade Católica de Santos.

Deixando de ser apenas uma diversão dos físicos teóricos sobre a abengência da Mecânica Quântica (causando pânico entre os matemáticos e cientistas da computação), os Computadores Quânticos estão se aproximando da realização, e eles podem ter um impacto significativo na sociedade em várias áreas. Primeiro, eles poderão quebrar grande parte da criptografia atual, colocando em risco a economia digital, embora também forneçam alternativas criptográficas. Em segundo lugar, eles serão capazes de otimizar melhor todos os tipos de processos, levando a ganhos de eficiência. Terceiro, eles permitirão uma simulação muito mais rápida de sistemas envolvendo os conceitos da Mecânica Quântica, com um melhor potencial para desenvolver design de drogas, materiais, etc.

## REFERÊNCIAS

- AARONSON, Scott. The Limits of Quantum Computers, **Scientific American** 298, n° 3, p. 62, 2008.
- AMADO, A. T. F. Instrução continuada em Higiene das Radiações com auxílio de computador, **Leopoldianum**, v. 19, p. 111, 1992.
- AMADO, A. T. F. Processos Quânticos de Computação, **Leopoldianum**, v. 24, p. 131, 1998.
- AMADO, A. T. F. Sistematização da Álgebra dos Processos de Medição. **Leopoldianum**, v 47, p. 153, 2021.
- AMADO, A. T. F. Uma construção matemática para a termodinâmica da computação. **Leopoldianum**, v 28, p. 39, 2002.
- AMADO, A.T.F. Sobre uma classe de abstrações formais dos sistemas físicos: Autômatos Celulares, **SPIN: Caderno do Departamento de Física Química da PUC-MG**, v. 3, n. 5, p.21, 1996.
- BENIOFF, Paul. Quantum Mechanical Models of Turing Machines That Dissipate No Energy, **Phys. Rev. Letters**, v. 48, n. 23, 1982 e Quantum Mechanical Hamiltonian Models of Turing Machines, **Journal of Statistical Physics**, v. 29, n. 3, 1982.
- BENNETT, Charles H. Logical reversibility of computation, **IBM Journal of Research and Development** 17, n° 6, p. 525, 1973.
- BENIOFF, P. The Computer as a Physical System: A Microscopic Quantum Mechanical Hamiltonian Model of Computers as Represented by Turing Machines, **Journal of Statistical Physics**, v. 22, n. 5, 1980.
- BOURBAKI, Nicolas. **Elements of Mathematics: General Topology**. Part 2, chapters 5-10. New York: Addison-Wesley, 1967.
- BOURBAKI, Nicolas. **Algebra II: Chapters 4-7**. New York: Springer Science & Business Media, 2013.
- BRETON, Philippe. História da Informática. Tradução de Élcio Fernandes. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.
- CLEARWATER, Scott H., and WILLIAMS Colin P. **Explorations in Quantum Computing**. New York: Springer /Telos, 1997.
- DEUTSCH, David. "Is there a fundamental bound on the rate at which information can be processed?" **Physical Review Letters** 48, n° 4, p. 286, 1982.
- DIRAC, P. A.M. A new notation for quantum mechanics. **Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, v. 35, n. 3, p.416, 1939.
- DIVINCENZO, David P. Quantum computation, **Science** 270, n° 5234, p. 255 1995.
- FEYNMAN, Richard Phillips. **Feynman Lectures on Computation**. New York: Addison-Wesley Pu. Co. 1996.

- FEYNMAN, Richard Phillips. Quantum mechanical computers, **Optics News** 11, n. 2, p. 11, 1985.
- FEYNMAN, Richard Phillips. Simulating Physics with Computers, *Int. J. Theor. Phys.* v. 21, n. 6/7, 1982.
- FEYNMAN, Richard. Phillips. Space-time approach to non-relativistic quantum mechanics. **Reviews of Modern Physics**, v. 20, n.2, 1948.
- FONSECA FILHO, Clézio. **História da computação: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- FREDKIN, Edward and Toffoli, Tommaso. Conservative logic, **International Journal of theoretical physics** 21, n. 3, p. 219, 1982.
- GERLACH, Walther; STERN, Otto. Der experimentelle nachweis der richtungsquantelung im magnetfeld. **Zeitschrift für Physik A Hadrons and Nuclei**, v. 9, n. 1, p. 349, 1922.
- GERSHENFELD, Neil, and ISAAC L. Chuang. "Quantum computing with molecules." **Scientific American** 278, n. 6, p. 66, 1998.
- GOTTFRIED, Kurt. **Quantum mechanics: fundamentals**. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- HAMILTON, William Rowan. Theory of systems of rays, **The Transactions of the Royal Irish Academy**, v. 15, p. 69, 1828.
- HOLEVO, A.S. The Capacity of the Quantum Channel with General Signal States, **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 44, n. 1, 1998.
- IEZZI, G.; HAZZAN, S. **Fundamentos da Matemática Elementar: combinatória e probabilidade**. 5. ed. São Paulo: Ed. Atual, 1985.
- LEECH, John Watson. **Mecânica analítica**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico & Editora da Universidade de São Paulo, 1971.
- LEMOS, Nivaldo A. **Mecânica analítica**. São Paulo: Ed.Livraria da Física, 2004.
- LLOYD, Seth. Quantum-mechanical computers, **Scientific American** 273, n. 4, p.140, 1995.
- MARGOLUS, Norman, and Levitin, Lev B. The maximum speed of dynamical evolution, **Physica D: Nonlinear Phenomena** 120, n 1-2, p. 188, 1998.
- MILBURN, Gerard J. Quantum optical Fredkin gate, **Physical Review Letters** 62, n. 18, p.2124, 1989.
- PAUKA, S.J. et alls. A cryogenic CMOS chip for generating control signals for multiple qubits, *Nature Electronics*, v. 4, p.64, 2021, Disponível em <[www.nature.com/natureelectronics](http://www.nature.com/natureelectronics)>.
- PENROSE, Roger. **A mente nova do rei: computadores, mentes e as leis da física**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- RANGEL, Alexandre S. **Proposição do Ensino de Astronomia com auxílio do computador**. Memória apresentada a FFCL, 1991.
- SCHUMACHER, Benjamin. Quantum Coding, **Phys. Rev. A**, v. 51, n. 4, p. 2738, 1995.
- SHOR, Peter W. Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring, *Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, p. 124, IEEE, 1994.
- SHOR, Peter W. Polynomial - time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. **SIAM Review** 41, n. 2, p. 303, 1999.
- SHOR, Peter W. Scheme for reducing decoherence in quantum computer memory. **Physical Review A** 52, n. 4, p. R2493, 1995.
- STONIER, T. **Information and the Internal Structure of the Universe**. Berlin: Spring Verlag, 1990.
- SUSSKIND, Leonard and FRIEDMAN, Art. **Quantum Mechanics: The Theoretical Minimum**. New York: Basic Books, 2015.
- SUSSKIND, Leonard, and HRABOVSKY, George. **The theoretical minimum: what you need to know to start doing physics**. New York: Basic Books, 2014.

TOFFOLI, Tommaso.- **Reverseble Computing**, MIT-LCS- Technical Memo- 151, 1980.

VON NEUMANN, John. *Mathematical foundations of quantum mechanics*. Princeton: Princeton University Press, 1996.

WEHRL, Alfred. General properties of entropy, **Reviews of Modern Physics**, v. 50, n. 2, p. 221, 1978.

WIENER, Norbert. **Cibernética e sociedade: o uso humano de seres humanos**. São Paulo: Cultrix, 1970.

# PREMISSAS LEGISLATIVAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO E O NÍVEL ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUAS COMO INSTRUMENTO DE CONCRETIZAÇÃO DA PNRH: ESTUDO DO CASO- REFERÊNCIA DA LOCALIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO- PR

LUAN GASPAR SANTOS\*

DEISE MARCELINO DA SILVA\*\*

## RESUMO

A perda da água pelas prestadoras de serviço de saneamento implica em impactos ambientais e econômicos na gestão/proteção dos recursos hídricos. A pesquisa tem como objetivo analisar o nível econômico de perdas na localidade de Cornélio Procópio, operada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), com vistas à implementação desta ferramenta de gestão e proteção da água. O trabalho divide-se em 3 etapas, na primeira, apresenta-se as novas diretrizes legais quanto à perda da água. Na segunda, apresenta-se o balanço hídrico como ferramenta de decomposição das perdas e o modelo econômico como instrumento para indicar o ponto de equilíbrio entre investimentos e resultados para o setor. Na última etapa, delimitou-se o objeto de análise, apresentando-se o nível econômico de perdas da localidade, analisando os resultados e perspectivas de investimentos no sistema de abastecimento. Conclui-se que mesmo com o uso racional e eficiente da água, as perdas são inevitáveis, não sendo possível a fixação de índices universais a todos os sistemas de abastecimento. A apuração dos níveis econômicos de perdas proporciona eficiência na gestão dos recursos hídricos, sendo ferramenta essencial à efetivação da PNRH. Foram utilizados dois métodos de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho: a) o método hipotético dedutivo para formulação das hipóteses, com procedimento técnico a pesquisa bibliográfica e documental, percorrendo a literatura técnica sobre a matéria e demais diretrizes legais sobre a água;

\* Pós Graduado em Direito Constitucional Contemporâneo pelo IDCC, Pós Graduado em Direito Processual Civil pela FALEGAL. Mestrando regular do Programa de Mestrado em Direito, Sociedade e Tecnologias pela Faculdade de Londrina.

\*\* Doutora em Direito pela Universidade Católica de Santos. Professora da graduação e do Programa de Mestrado em "Direito, Sociedade e Tecnologia" da Faculdade de Londrina.

b) o método indutivo, tendo como procedimento técnico o estudo de caso da localidade de Cornélio Procópio, município do Estado do Paraná.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Perdas de Água. Balanço Hídrico. Nível Econômico de Perdas de água.

### **ABSTRACT**

The loss of water by sanitation service providers has environmental and economic impacts on the management/protection of water resources. The research aims to analyze the economic level of losses in the town of Cornélio Procópio, operated by Sanitation Company of Paraná (SANEPAR), with a view to implementing this water management and protection tool. The work is divided into 3 stages, the first presents the new legal guidelines regarding water loss. In the second, the water balance is presented as a tool for decomposing losses and the economic model as an instrument to indicate the balance point between investments and results for the sector. In the last stage, the object of analysis was defined, presenting the economic level of losses in the location, analyzing the results and prospects for investments in the supply system. It is concluded that even with the rational and efficient use of water, losses are inevitable, and it is not possible to set universal rates for all supply systems. The determination of economic levels of losses provides efficiency in the management of water resources, being an essential tool for implementing the PNRH. Two research methods were used to develop the work: a) the hypothetical deductive method to formulate hypotheses, with a technical procedure and bibliographical and documentary research, going through the technical literature on the subject and other legal guidelines on water; b) the inductive method, having as a technical procedure the case study of the locality of Cornélio Procópio, municipality of the State of Paraná.

### **KEYWORDS: WATER**

Losses. Hydric balance. Economic Level of Water Loss. National Water Resources Policy (PNRH). Sustainable development. Technology.

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho parte da iminente necessidade de gestão de perdas da água, lançando-se mão da análise do modelo econômico de perdas utilizado no setor de saneamento básico, sob o influxo das tecnologias envolvidas, como instrumento capaz de proporcionar eficiência, racionalidade e otimização no contexto da gestão do recurso pelas companhias de saneamento básico.

O objeto da pesquisa, qual seja, a análise das novas diretrizes de proteção e gestão de perdas da água, e o modelo econômico de perdas como instrumento de concretização da PNRH, adotando o caso-referência de Cornélio Procópio/PR, denota grande relevância para os profissionais do direito e para as prestadoras de serviço de abastecimento de água, especialmente frente às novas diretrizes inerente às perdas de água, considerando a obrigatoriedade de metas de redução de perdas na distribuição de água nos contratos de prestação de serviços, bem como pelos índices de perdas de água como condicionantes à alocação investimentos públicos.

O estudo tem como objetivo geral percorrer as novas diretrizes do saneamento no que se refere às perdas de água, disseminando a metodologia do balanço hídrico e do nível econômico de perdas, como ferramentas de apoio à gestão racional da água. Como objetivo específico, pretende-se compreender, a partir do estudo de caso, as peculiaridades do sistema de abastecimento de água (SAA) de Cornélio Procópio, identificando o ótimo nível de investimentos no combate às perdas, alinhando as ações que devem/deveriam ser adotadas para melhor gestão do sistema, demonstrando os métodos como instrumentos de efetivação da PNRH.

O modelo econômico de perdas de água será aqui analisado como instrumento de importância jurídico-econômica capaz de aumentar substancialmente a eficiência do uso da água e assegurar o abastecimento de água doce para enfrentar sua escassez, com vistas à concretização dos objetivos da PNRH, em especial, a utilização racional do recurso (art. 2º, II, PNRH). A pesquisa se propõe a compreender as circunstâncias fáticas de perdas de água na situação de prestação do serviço de saneamento básico, tendo por objetivo mitigar as externalidades negativas geradas por tal desperdício nas esferas econômica, social e ambiental. Considerando a inevitabilidade das perdas de água e as novas diretrizes legais sobre a matéria, mostra-se relevante a enfrentar a problemática de como definir os índices de perdas de determinada localidade e se o modelo econômico seria o instrumento de planejamento adequado para conferir subsídios em tal definição, bem como suporte decisório sobre as ações de combate ao desperdício desse recurso.

Para vislumbrar as respostas com maior verossimilhança, fez-se necessária a investigação de um caso-referência para subsidiar o suporte fático que revelam as hipóteses. Logo, delimitou-se a pesquisa no tempo e no espaço. O espaço circunda o estudo realizado no âmbito da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR) na localidade de Cornélio Procópio. No tempo, a delimitação consiste em estudar o modelo econômico de perda de água com base nos dados consolidados do ano de 2022, considerando o influxo das tecnologias atuais envolvidas.

Percorrer-se-á 3 etapas no desenvolvimento da pesquisa, na primeira, com uma abordagem do ordenamento jurídico de proteção da água, em especial no que concerne às perdas de água. Na segunda etapa, apresenta-se o balanço hídrico como ferramenta para decomposição de perdas, segregando as perdas reais (vazamentos) das perdas aparentes (usos não autorizados e submedição de hidrômetros). Sequencialmente, evidencia-se as premissas técnicas e teóricas da metodologia do modelo econômico de perdas, como ferramenta para se alcançar o ponto de equilíbrio entre investimentos e resultados. Na terceira etapa, adentrar-se-á ao caso referência, apresentando os dados e apurando o nível econômico de perdas da localidade de Cornélio Procópio, percorrendo os mecanismos de proteção da água instituídos da PNRH, com enfoque na importância do balanço hídrico e do modelo econômico de perdas na concretização de seus objetivos e instrumentos.

Como hipóteses às problemáticas aventadas, tem-se que o balanço hídrico e o modelo econômico de perdas são instrumentos hábeis a auxiliar na definição dos índices de perdas para determinada localidade; O nível econômico de perdas é ferramenta que assegura confiabilidade na tomada de decisões sobre quanto e onde deveria ser investido para reduzir as perdas de água, em especial por sua consolidação teórico-matemática, consubstanciada em dados e informações, a qual se apresenta como eficiente instrumento de concretização da PNRH.

A partir da pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com objetivo explicativo, o trabalho tem como pressuposto metodológico procedimentos de revisão bibliográfica e documen-

tal, consubstanciada em literatura e legislação nacional e estrangeira afeta ao saneamento; dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); bem como demais informações autorizadas pela SANEPAR. Pela abordagem metodológica de estudo de caso realizado no sistema de abastecimento de água de Cornélio Procópio, será possível analisar a localidade e apresentar os resultados obtidos e de forma propositiva, procedendo com uma análise crítica de ações que poderiam contribuir para o alcance de um nível ótimo de perdas.

Pretende-se, portanto, disseminar as ferramentas do balanço hídrico e do Modelo Econômico de Perdas, como vetores na fixação de metas e indicadores a serem alcançados, os quais dependem, necessariamente, de suporte tecnológico para sistematização de tais informações e para tabulação destes atributos. Como resultados da pesquisa, constatou-se que:

- a) Em consonância às diretrizes protetivas da água na esfera global, a legislação brasileira declara a importância da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, com especial atenção às situações de perda de água;
- b) não se pode fixar índices estáticos e universais, tendo em vista as inúmeras peculiaridades de cada sistema de abastecimento de água.
- c) que a tecnologia da informação que sistematiza os dados de saneamento são essenciais para a adequada prestação de serviços das empresas, e que a apuração do nível econômico de perdas amparadas em dados confiáveis e íntegros proporciona melhores condições de alocação de recursos, sob o viés da sustentabilidade econômica, social e ambiental.

## 2. PREMISSAS LEGISLATIVAS A PARTIR DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO: A PERDA DE ÁGUA

É inegável a essencialidade da água para a sobrevivência humana e sua relevante importância nos processos produtivos e industriais. Desde a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a Água, em Mar del Plata, em 1977, considerada o marco inicial das tratativas sobre a água, muito se avançou. Conferências e convenções estabeleciam princípios e premissas concretas considerando a finitude desse recurso e a água veio assumindo posição de destaque nos debates globais e planetários, inclusive com seu reconhecimento enquanto direito humano fundamental.

Frente ao aprofundamento dos debates sobre a água na esfera internacional, tal preocupação reverberou-se para o âmbito interno das Nações, enfatizando-se que “o arcabouço jurídico interno dos países tomou corpo a partir das regras e princípios cunhados na esfera internacional, fato que resultou na incorporação de uma nova ordem no sistema jurídico nacional dos países” (SILVA, 2017, p. 31).

À vista disso, constata-se que a evolução das tratativas ambientais em âmbito internacional repercute, naturalmente, em desdobramento interno nos países envolvidos, e sob esse enfoque, o ordenamento jurídico brasileiro de proteção dos recursos hídricos fixou bases constitucionais, visto que a Constituição Federal de 1988 traçou importante paradigma ao saneamento, reservando-se ao capítulo VI à temática ambiental, sendo “o capítulo do meio ambiente um dos mais importantes e avançados da Constituição de 1988” (SILVA, 2004, p. 825).

Percebe-se relevante avanço nas políticas ambientais com enfoque no saneamento básico, o qual acompanha a arquitetura internacional referente à matéria, destacando-se, portanto,

que a legislação brasileira possui alinhamento às diretrizes que vêm sendo delineadas pela comunidade internacional, e sob uma perspectiva legal, observa-se o comprometimento com a gestão racional e eficiente da água.

Sob a ótica dos recursos hídricos, existe grande tensão relacionada à oferta e demanda da água, e quanto à realidade brasileira, Heller (2010, p. 43) retrata o crescente aumento da demanda por água no país, associando: a) ao aumento acelerado da população nas últimas décadas, em especial nas áreas urbanas; b) o incremento da industrialização e; c) pelo aumento do volume de perdas de água em muitos sistemas de abastecimento, frente aos baixos investimentos e obsolescências das redes.

Considerando a necessidade de regulamentar o uso da água e implementar a gestão racional da água, a Lei nº 14.026/2020 atualizou o marco do saneamento básico e alterou diversas legislações, em especial a Lei de criação da ANA, fixando novas diretrizes para o setor, em especial quanto às metas de universalização e metas de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento. (art. 11-B).

O novo marco legal, aprovado em 2020, ainda fixou importante paradigma no que se refere à perda de água, conteúdo ainda pouco explorado pela legislação, estabelecendo como princípio fundamental a redução e controle das perdas de água (art. 2º da Lei nº 11.445/2007), evidenciando a preocupação do legislador com os índices de perdas, as quais afetam diretamente a disponibilidade hídrica e consequentemente na escassez da água potável. A legislação avançou ainda mais, trazendo obrigações de redução aos prestadores de serviço de saneamento a constar nos contratos de prestação dos serviços, os quais deverão possuir metas de redução de perdas na distribuição de água tratada (art. 10-A da Lei nº 11.445/2007).

Além disso, a Portaria MDR 490/2021 determinou a vinculação de recursos públicos e financiamentos atrelados ao cumprimento de índices de perdas (art. 1º), estabelecendo os indicadores adotados para tal aferição, qual seja, o IN049 (índice de perdas na distribuição, medido em percentual) e IN051 (índice de perdas por ligação, medido em litros/ligação/dia) (art. 2º), fixando também, os resultados que os municípios devem atingir no decorrer dos anos (art. 3º), instituindo ainda, intervenções em caso de não atendimento aos índices previstos, como a setorização e zonas de medição e controle, macromedição e pitometria, e implantação, ampliação ou melhoria do controle operacional (art. 4º).

Apesar do compromisso em reduzir os índices de perdas, acentuam-se os desafios, especialmente por não haver um parâmetro universal de indicadores aplicáveis, os quais, devem ser pautados em aspectos intrínsecos a cada realidade, sistema e/ou localidade e considerados sob inúmeros aspectos, desde questões da disponibilidade do recurso hídrico, ao custo de tratamento e distribuição da água.

Diante desse compromisso e das novas exigências preconizadas a partir do novo marco do saneamento, faz-se necessária a adoção de metodologia adequada não só para melhor compreender as causas das perdas e ações a serem adotadas, mas para garantir coerência no estabelecimento dos índices, haja vista que o balanço hídrico e o modelo econômico de perdas são importantes ferramentas que devem ser utilizadas e difundidas. Analisar um sistema de abastecimento de água à luz do balanço hídrico e do modelo econômico de perdas é fundamental para a gestão eficiente do saneamento básico.

Cabe ainda compreender que mesmo com o uso racional e eficiente da água, as perdas são praticamente inevitáveis, seja pela infraestrutura de redes instaladas, submedições de hidrômetros, ou pelas ligações clandestinas e fraudulentas. Ocorre que frente à multiplicidade de causas, é necessário o mapeamento adequado para a tomada de ações e definição de inves-

timentos no setor, objetivando o combate otimizado das perdas, em sintonia ao que dispõe a legislação, em especial nos instrumentos contidos na PNRH.

A análise de cenário implica na incessante necessidade do combate às perdas de água, pois sob a ótica ambiental, além de preservar o recurso natural em sua origem, evitando seu manejo de nascentes e poços, minimiza-se os impactos quanto à disponibilidade hídrica. Além disso, destaca-se que tal combate também proporciona benesses econômicas, haja vista que se evita o dispêndio de recursos para seu transporte, tratamento e distribuição.

Adotando como premissa que em um real sistema de abastecimento não se almeja perda zero, as origens e causas das perdas são inúmeras, citando alguns exemplos no que se refere às perdas reais e que são apontadas por Alegre (2005, p.10):

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material,
- a frequência de fugas e de roturas;
- a pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total de condutas;
- O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

Com vistas a minimizar o impacto das perdas, as peculiaridades do sistema devem ser analisadas para que as ações adequadas possam ser tomadas, sejam elas com o intuito de detectar e consertar vazamentos; adequar a infraestrutura operacional do sistema; setorizar e gerenciar a pressão; dentre outras ações que possam garantir níveis razoáveis de perdas. Sob esse enfoque, frente à necessidade inicial de identificação das causas das perdas, o balanço hídrico é importante instrumento para categorização e quantificação das perdas de água, o qual é elemento imprescindível para se apurar o nível econômico de perdas, permitindo identificar o ponto de equilíbrio entre o investimento no combate à perda e o retorno em termos de resultado financeiro.

### **3. O BALANÇO HÍDRICO E O MODELO ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUA**

Alinhado ao objetivo de gerenciamento de perdas, o modelo econômico é referência para balizar as estratégias do setor, e para se chegar a tal apuração, faz-se necessário compreender o balanço hídrico, uma matriz proposta pela IWA (International Water Association) que se baseia em um conjunto de informações para decomposição das perdas, garantindo-se, assim, uma análise detalhada de suas causas.

Frente a esse novo cenário que vem sendo delineado no que se refere às perdas, os balanços hídricos são ferramentas essenciais para auxiliar na gestão racional dos recursos, pois “permitem a obtenção indireta dos volumes perdidos em vazamentos, chamados de perdas reais de água” (AESBE, 2015, p. 11). Tal instrumento é considerado como uma técnica de modelagem, ou seja, ela se aproxima da realidade, e conforme exposto pela Associação Bra-

sileira das Empresas Estaduais de Saneamento - AESBE (2015, p. 11), “é modelado para um grau de confiança de 95% e as incertezas de medição/estimativas associadas a cada dado de entrada idealmente devem ser informados no modelo”.

O modelo parte do volume que ingressa no sistema percorrendo-se os fluxos da água, ou seja, aquilo que não corresponde a consumo autorizado, trata-se de perda de água, e nesse quesito, as perdas possuem 3 grandes componentes: os vazamentos, a submedição e as fraudes/ligações clandestinas. Concebe-se, portanto, que o impacto da perda da água é determinado pela parcela de água captada, tratada, transportada, sem que haja seu faturamento, implicando em prejuízo às prestadoras e conseqüentemente no aumento do valor do serviço aos consumidores, em especial no que se refere à tarifa única e/ou regionalizada, podendo gerar distorções frente ao subsídio cruzado.

Pelo balanço hídrico e posteriormente com a aferição do nível econômico de perdas, possibilita-se elaborar planos de ação e investimentos para que o próximo ciclo de análise possa reavaliar os passos anteriormente traçados. A partir da análise comparativa é possível monitorar as metas eventualmente alcançadas, permitindo-se, portanto, adotar ações a partir dos novos dados e próximos ciclos de avaliação. Diante de tais parâmetros e a partir desse percurso, permite-se formatar a matriz do balanço hídrico, de modo a apurar resultados das perdas de determinado sistema/objeto de análise, garantindo-se assim, subsídios e elementos para tomada de ações de combate às perdas, com vistas a definir o nível econômico de perdas da localidade. Em linhas conceituais, o Nível Econômico de Perdas (NEP) corresponde à “situação em que o custo de redução de perdas em uma unidade de volume é igual ao custo de produção dessa unidade de volume de água” (RODRIGUES, 2021, p. 26), tratando-se de uma ferramenta baseada em premissas técnicas em que se apura economicamente os custos de produção em contraponto ao dispêndio financeiro do combate às perdas. O modelo proporciona uma avaliação econômica da localidade em análise, conferindo balizamento de ações e opções a serem adotadas em termos de priorização de investimentos. A partir das variáveis presentes no modelo, leva-se em consideração os custos de produção, tratamento e distribuição da água, em contraponto ao custo para o combate às perdas. Desse modo, permite-se decidir entre investir em determinado sistema com maior ou menor retorno econômico, ou até mesmo para direcionar ações operacionais no reforço da capacidade de produção ou na redução de perdas. O estudo do nível econômico de perdas não é recente, havendo inúmeras perspectivas e metodologias para sua apuração. Partindo dos conceitos de Pearson e Trow (2005), cujas premissas foram baseadas em pesquisas no Reino Unido, definiu-se uma abordagem sob o aspecto das perdas reais, especialmente associada ao “custo x benefício”.

Posteriormente, sob o enfoque metodológico de Wyatt (2010), observou-se um novo olhar sobre o nível econômico de perdas, com vistas a observar as particularidades de cada localidade, em especial na comparação entre os países desenvolvidos dos em desenvolvimento. Em seu modelo, Wyatt (2010, p. 4) retrata discrepâncias entre essas realidades, desde a capacidade de produção versus demanda, até às diferenças no faturamento, haja vista nos países desenvolvidos, quase toda água faturada é paga, diferente daqueles países ainda em desenvolvimento.

O ponto crítico de Wyatt é ressaltado no presente trabalho, visto que a definição estática e universal de indicadores de perdas pode estar fadada ao fracasso e à desigualdade. Nessa perspectiva, o autor aponta que “o melhor alvo para perdas depende da localização, levando em conta a influência dos custos locais, benefícios, parâmetros de engenharia e outros fato-

res” (WYATT, 2010, p. 3)<sup>1</sup>. Embora o modelo proposto não incluisse o nível econômico de fraudes e ligações clandestinas, tem-se a importante contribuição de WYATT (2010, p. 2) em oferecer uma ferramenta sólida para o cálculo do nível ideal sem a necessidade de grandes entradas de dados, amoldando-se à realidade dos países em desenvolvimento, onde pode ser enfrentada maior dificuldade na obtenção das informações.

Em linhas gerais, a metodologia segregava as perdas aparentes das perdas reais, sendo esclarecido por Barbosa (2021, p. 13) que para as perdas aparentes parte-se das receitas e custos de controle da submedição, enquanto para as perdas reais utilizam-se três variáveis, a curva de custo variável de produção, curva de custo futuro da expansão e controle de perdas. Apesar de inúmeras outras metodologias e critérios utilizados para mensuração do nível econômico de perdas, utilizar-se-á o método desenvolvido por Wyatt, o qual, em decorrência do Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água (ProEESA) no ano de 2021, foi revisado e aprimorado, especialmente no que se refere às fórmulas, cálculos de estimativas, bem como na inserção do nível econômico de fraudes.

Tendo como premissa metodológica o guia de perdas de 2021, Wyatt et al. (2021), o qual referenciou os trabalhos desenvolvidos em 2010, pauta-se em um raciocínio financeiro que “é extremamente simples e transparente, ponderando por um lado os custos de combate a perdas e por outro lado os custos evitados pela redução das perdas reais de água assim como as receitas geradas por reduzir perdas aparentes” (WYATT, et al., 2021, p. 26).

Além dessa intrínseca compreensão local para definição dos indicadores, também se faz necessário compreender qual seria o equilíbrio entre o resultado do combate às perdas e os custos com tais ações, visando assim, potencializar os investimentos e alcançar um nível econômico coerente com aquela realidade e com os recursos financeiros disponíveis, assegurando a equalização entre a alocação de investimentos sob a perspectiva do retorno financeiro que se espera com a recuperação da água perdida.

À luz do que dispõe a legislação, as perdas serão importantes balizadores para o setor, sendo que o estabelecimento dos níveis econômicos de perdas proporcionará o estabelecimento de metas coerentes àquela realidade, de modo a equacionar o combate às perdas e a preservação dos recursos hídricos, em contraponto à otimização dos investimentos e a capacidade de pagamento dos usuários. Tem-se, portanto, que a gestão ineficiente da água causa prejuízos de ordem econômica e ambiental, levando-se em conta os custos com produtos químicos, energia elétrica, bem quanto aos impactos à disponibilidade hídrica e ao ecossistema frente à retirada da água da natureza, além do consumo desnecessário de insumos que naturalmente são nocivos ao meio ambiente.

Dessa forma, sob a ótica de uma gestão econômica da água, um índice fixo de perdas pode ser observado sob diferentes ângulos, por exemplo, se for em um local de baixo custo de produção e com abundância de água, pode ser naturalmente aceitável. Enquanto em outro local, com outras características como escassez hídrica e altos custos de captação, tratamento e distribuição, o mesmo índice pode ser considerado extremamente elevado.

A partir de tais considerações sobre o modelo, adentrar-se-á aos diversos tipos de perda de água, os quais são imprescindíveis para compreensão do nível econômico, cabendo assim, assimilar os seguintes conceitos propostos por Wyatt et al. (2021):

---

<sup>1</sup>Traduzido do original: “Most importantly, the best target for losses depends on the location, taking into account the influence of local costs, benefits, engineering parameters, and other factors”.

- o nível ótimo de perdas por submedição é alcançado quando se maximiza o excedente financeiro que resulta da diferença entre a i) receita tarifária e ii) os custos de programas de substituição de hidrômetros são máximos;
- o nível ótimo de perdas por fraude é alcançado quando o custo de investigar uma fraude não compensa o ganho econômico de resulta dela;
- o nível ótimo de perdas por abastecimentos clandestinos é quando esse consumo é inexistente. Isto é, quando todos os domicílios estão com situação fundiária regularizada legalmente e têm um vínculo contratual com a companhia de água. O cálculo tem de ter considerações locais.
- o nível ótimo de perdas reais é alcançado quando se minimiza a soma dos i) custos de produção; ii) expansão do sistema e iii) pesquisa/reparo de vazamentos e conservação da rede e ramais; (g.n.) (WYATT et al, 2021, p. 50)

Observa-se que em relação às perdas físicas, atinge-se um nível ótimo de perdas quando o custo da redução das perdas equipara-se ao montante dos custos de produção de água e de expansão. Enquanto em relação às perdas aparentes, atinge-se tal nível quando a receita é igual ao custo para a gestão de tais perdas. Desse modo, embora o modelo econômico de perdas abordado por WYATT et al. (2021, p. 50) tenha como função precípua identificar o excedente financeiro do prestador de serviços de abastecimento de água, a ferramenta pode assumir uma infinidade de aplicações, seja para avaliar a possibilidade de reduzir as tarifas ou até mesmo para se identificar estratégias de investimentos, conforme será utilizado para avaliação da gestão de perdas de Cornélio Procópio.

Esclarece-se que o presente trabalho não tem como escopo o aprofundamento teórico da metodologia do modelo econômico, tendo como premissa a interdisciplinaridade, com o fito de concatenar o direito, a tecnologia e as demais ciências matemáticas e de engenharia, em prol da promoção do direito fundamental à água potável, dada a importância da redução de perdas de água alinhada à excelência na gestão dos recursos hídricos.

Utilizando-se o modelo econômico de perdas, deve-se adentrar especificamente aos atributos para o cálculo do nível ótimo, que em um primeiro aspecto, estão relacionados às perdas aparentes, as quais são obtidas, matematicamente, a partir do volume de perdas de água por submedição, do volume de água perdida referente às fraudes; das perdas relativas às falhas de cadastro e usos clandestinos.

Sob outra vertente, para se calcular o nível ótimo das perdas reais, faz-se necessária a apuração dos custos de produção de água, os custos anualizados de expansão do sistema e os custos do programa do controle de perdas reais (WYATT, et al. 2021, p. 69). A partir do primeiro componente, os custos de produção correspondem ao custo unitário de produção de água em real/m<sup>3</sup>, multiplicando-se pela água produzida por ano. Frisa-se que em tais custos são incluídos todos os insumos necessários à produção, como produtos químicos, energia elétrica, custos operacionais dentre outros. Tem-se, portanto, que as perdas reais correspondem a uma grandeza diretamente proporcional aos custos de produção.

Considerando que o presente trabalho não tem como escopo o detalhamento minucioso dos cálculos para apuração do modelo econômico, restringir-se-á às conceituações e demais informações, com vistas ao não esgotamento da matéria no que se refere à área da matemática e engenharia, mas oferecendo uma compreensão funcional do modelo, sob o enfoque do direito e tecnologia. Com base no percurso até aqui traçado, permitir-se-á a compreensão da definição do nível econômico de perdas, em especial para definição de investimentos em patamar economicamente aceitável, de modo a avaliar a situação atual do sistema e definir

as ações prioritárias que devem ser adotadas em prol dos melhores resultados. Desse modo, proceder-se-á às análises da localidade de Cornélio Procópio sob a perspectiva do balanço hídrico e modelo econômico até aqui apresentado.

#### **4. O CASO-REFERÊNCIA DA LOCALIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO/PR: O MODELO ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE CONCRETIZAÇÃO DA PNRH**

Conforme demonstrado, para se definir o nível econômico de perdas de determinada localidade e/ou sistema, é imprescindível compreender suas peculiaridades, visando garantir maior confiabilidade dos dados e apresentar proposta de ações mais assertivas. Desse modo, debruçar-se-á ao detalhamento da localidade de Cornélio Procópio, que será objeto do presente estudo.

Em linhas preliminares, a Companhia de Saneamento do Paraná-SANEPAR foi criada em 23/01/1963 pela Lei nº 4.684 do Governo do Estado do Paraná, sendo uma empresa pública de economia mista e de capital aberto, controlada pelo Estado do Paraná e com sede em Curitiba - PR. Atualmente, a SANEPAR atende 345 dos 399 Municípios do Estado do Paraná e um de Santa Catarina (Porto União), além de 297 localidades de menor porte. A Companhia é considerada uma das maiores empresas de saneamento do país e possui ações negociadas no Mercado Brasil, Bolsa, Balcão (B3), com corpo funcional composto por 6.281 empregados próprios e 8.059 empregados terceirizados,

No escopo de sua Diretoria de Operações, desdobra-se 5 (cinco) Gerências Gerais no Estado, uma delas correspondendo à Gerência Geral Região Nordeste-GGND, a qual possui 5 (cinco) Gerências Regionais subordinadas, alocando-se aqui a Gerência Regional de Cornélio Procópio-GRCP, com atuação em 14 municípios e 29 sistemas, dentre elas, a localidade de Cornélio Procópio, a qual será objeto do estudo de caso, cujos dados para entrada e decomposição dos volumes de perdas consideraram as informações contidas no SISWEB, correspondente ao portal interno de informações da SANEPAR.

Acrescenta-se ainda que a aplicação do modelo à GRCP parte da pré-formatação apresentada por Marcelo Depexe, o qual, a partir dos conceitos e balizamentos técnicos do balanço hídrico e modelo econômico, disponibilizou internamente planilha para facilitação da obtenção dos resultados e para a execução de demais simulações. Adentrando-se à ferramenta, as primeiras informações a serem alimentadas referem-se aos dados básicos da localidade, a qual corresponde à localidade de Cornélio Procópio, balizado em dados consolidados referente ao ano de 2022, em especial quanto ao número de ligações, volumes produzidos, importados, exportados, micromedido, reiterando-se a importância da tecnologia e da gestão da informação para maior assertividade nas projeções do modelo.

A próxima etapa inicia-se com a estimativa de perdas aparentes, em especial quanto às ligações clandestinas e fraudes, que no caso de Cornélio Procópio, utilizou-se o mecanismo de controle de pesquisa de vazamentos e fraudes como parâmetro de mensuração das informações, visto que os dados são retroalimentados virtualmente em ambiente interno pelas equipes de geofone, após as pesquisas de vazamento. Por meio dos levantamentos, mensurou-se a quantidade de ligações clandestinas e fraudes com base naquela quantidade de pesquisa, e considerando as 18.084 ligações de água, estima-se como uso não autorizado o montante de 76 fraudes, caso houvesse uma pesquisa em todo o universo de ligações.

Alimentando-se a planilha, estima-se também os volumes possivelmente perdidos em parâmetros coerentes e razoáveis, e com base na tecnologia de informação e gerenciamento de dados, por meio do Sistema de Gestão Comercial (SGC) pesquisa-se individualmente as matrículas para identificar os padrões de fraudes e projeção de volumes perdidos. Quanto às fraudes, tendo como parâmetro o histórico das matrículas e o perfil de consumo, estimou-se a perda de 15 m<sup>3</sup>/mês/ligação, os quais, somados e extrapolados na quantidade de ligações de Cornélio Procópio, totaliza o volume perdido de 13.680 litros/ano.

Passa-se agora à abordagem do CANF (consumo autorizado não faturado), cujo volume pode ser medido ou não medido, os quais correspondem ao consumo da Companhia e demais usos. Os dados são capturados por meio da ferramenta denominada SAPIENS, de uso interno da SANEPAR, cujo sistema permite consultar o histograma de consumo por categoria, filtrando-se, assim, as categorias 079 e 081 que correspondem, respectivamente, aos usos pela própria Companhia e pelo controle de perdas, os quais são lançados mensalmente em sistemas corporativos.

Observou-se que no ano de 2022 o consumo autorizado não faturado correspondeu ao volume de 814m<sup>3</sup>, enquanto os usos não autorizados totalizou o montante de 18.480m<sup>3</sup>, destacando o volume total micromedido de 2.423.447m<sup>3</sup>, cujo índice de perdas atingiu o resultado de 202,77. Em paralelo aos dados do SNIS, no ano de 2021, o Índice de Perdas por Ligação foi de 222,48, (SNIS, 2021).

A próxima etapa adentrar-se-á às perdas reais de água, as quais, no caso de Cornélio Procópio, foram definidas pela vazão mínima noturna da distribuição de água. Tais valores foram obtidos pelo sistema supervisor da distribuição, que fornece informações em tempo real da produção e distribuição, cuja tecnologia assegura automação e controle de processos, além de capturar e armazenar informações, permitindo-se, inclusive, operar todo o sistema remotamente com base em telecomandos, garantindo-se assim, menor tempo de resposta e redução de custos de pessoal com operação.

O gráfico do sistema ilustra a média da vazão mínima noturna, cujo valor correspondeu a 60 l/s, referindo-se, portanto, ao momento que a distribuição estaria alimentando apenas os vazamentos, pois trata-se do menor período de consumo, enfatizando-se que a vazão do vazamento é diretamente proporcional à pressão do vazamento. A partir de tal métrica, com base na vazão mínima noturna foi estimado o volume total de perdas com base na variação de pressão da rede, devido à demanda. O fator de pesquisa corresponde à relação entre a vazão mínima noturna e a vazão média diária, permitindo-se concluir que existe relevante vazão perdida.

Sequenciando a decomposição das perdas aparentes, adentrar-se-á à submedição de hidrômetros, com o fito de determinar o volume micromedido e a perda por submedição. A partir do sistema SAPIENS, extrai-se as informações sobre o parque de hidrômetros, referente às faixas de consumo versus idade do Hidrometro (HD), que após o lançamento, obtém-se o resultado da quantidade de HD's para troca imediata, que no caso de Cornélio Procópio, seria de 302 hidrômetros, equivalente a 1,7% do parque.

Com essa mineração de dados, além de avaliar os hidrômetros que estariam na faixa de troca, a ferramenta permite verificar o desempenho da medição dos equipamentos e estimar sua submedição mensal. Como resultado, observa-se que na condição atual existe submedição de 293.028m<sup>3</sup> de água, enquanto em um cenário de submedição ótima ter-se-ia uma submedição de 281.472m<sup>3</sup>, ou seja, existe potencial de recuperação de -11.556 m<sup>3</sup>.

Passando agora à análise dos componentes das perdas reais, com a base de dados originados dos sistemas de informação da SANEPAR, como ligações, extensão de rede, volumes de perdas, dentre outras, cabe definir a pressão média da rede de Cornélio Procópio, bem como os dados sobre as pesquisas de vazamento para traçar as estimativas das perdas reais.

A pressão média foi definida levando em consideração a simulação hidráulica do sistema, a qual foi realizada por meio do software WaterCad, tecnologia esta que permite modelar o sistema virtualmente, assegurando a análise dos dados e resultados. O coeficiente para Vazamentos Visíveis e Detectáveis foram pautados nos sugeridos por Marcelo Depexe para estimativa (1,3). Utilizou-se os dados da pesquisa de vazamento realizada no âmbito da localidade, constatando-se que, em 2022, a extensão de rede percorrida pela pesquisa de vazamento foi de 482 km, identificando-se 143 vazamentos em ramais e 21 vazamentos em rede, perfazendo o percentual de 145,4% de verificação no sistema.

Com as variáveis bem delineadas e adentrando-se à determinação dos componentes da perda real, constata-se que os volumes perdidos anualmente foram correspondentes a 1.026.933, englobando os vazamentos visíveis (461.182m<sup>3</sup>), não visíveis (461.182) e inerentes (263.981). Projetando-se ainda o crescimento dos vazamentos não visíveis, ter-se-ia o volume perdido de 11,083m<sup>3</sup>/km/dia por ano.

Avaliando-se os resultados e com o fito de decompor o índice de perdas reais por componente, observa-se que os vazamentos visíveis acumulariam um volume de 301.770 m<sup>3</sup>/ano, os vazamentos não visíveis ao volume de 461.182m<sup>3</sup>/ano e os inerentes à quantia de 263.981m<sup>3</sup>/dia. Dimensionando os prejuízos, com base nos dados, os volumes perdidos representam 2.814m<sup>3</sup>/dia de água tratada desperdiçada.

Aprofundando-se aos aspectos intrínsecos do modelo econômico para vazamentos, os quais levam em consideração custos e preços da pesquisa, consertos de redes e ramais e demais referências internas, as quais, por se tratar de dados de propriedade da Companhia não serão expostos, procede-se com a comparação entre a perda real e a econômica, definindo-se ainda seu intervalo ótimo, que para o atingimento da perda econômica, seria necessária a redução de aproximadamente 40 litros/lig./dia.

À guisa conclusiva, considerando o IPL atual em 155,6 da localidade de Cornélio Procópio, alcançar-se-ia o nível econômico quando os resultados atingissem o IPL de 109 a 129,5 l/lig./dia, tendo como perspectiva de aumento de custo de controle a cifra de R\$ 226.643,59, visando o atingimento do ponto ótimo de perdas (117,5 l/lig./dia). Para tanto, dever-se-ia aumentar as pesquisas de vazamento para 577 km/ano, com potencial de redução de custos de produção de R\$ 356.767,09.

Observa-se que a apuração do nível econômico de perdas fornece subsídios concretos e mensuráveis de combate à perda de água, sendo instrumento de planejamento e gestão racional dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Vislumbra-se benefícios econômicos às prestadoras de serviços e conseqüentemente à população e ao Estado, os quais são agentes ativos no que se refere aos investimentos e tarifas.

Além disso, sob a ótica ambiental, tal resultado representa redução no consumo de energia elétrica de 516.183 kwh/ano, de 22,6 toneladas de CO<sub>2</sub>, e um volume capaz de atender 1.673 ligações. Estima-se que o aumento custo de controle corresponderia a R\$ 226.643,59/ano, com potencial de redução de custos de produção de R\$ 356.767,09/ano. Sob a ótica da submedição, os resultados demonstram que seria necessário reduzir aproximadamente -1,75l/lig./dia, com potencial de recuperação de receita de R\$ 8.721,00/ano.

Dessa forma, como precipuamente o balanço hídrico preconiza a decomposição das perdas de água, tem-se que os vazamentos representaram 76,73% da parcela de perdas, permitindo-se concluir que para se alcançar o volume de vazamentos correspondente ao nível econômico, seria necessário reduzir o volume de -251.355 m<sup>3</sup>, o qual teria uma redução de IPL de -38,1 l/lig./dia.

Verificando-se que a maior parcela de perda de água se refere aos vazamentos, os resultados sugerem ações e investimentos no combate às perdas reais como geofonamento, substituição de redes antigas, melhorias em zonas de pressão, possibilitando-se assim, a adequada alocação de recursos no combate às perdas, garantindo maior faturamento à concessionária; aumentando a disponibilidade da água; reduzindo impactos ambientais e consequentemente aprimorando a gestão deste recurso finito e imprescindível à existência humana.

Em alinhamento à legislação, o rol dos objetivos previstos no art. 2º da PNRH parte das premissas de desenvolvimento sustentável, visando assegurar a disponibilidade da água à atual e futuras gerações, em padrões de qualidade adequado ao uso (art. 2º, I), reafirmando-se a necessidade da utilização racional e integrada dos recursos hídricos (art. 2º II), na prevenção contra eventos hidrológicos (art. 2º III) e com vistas ao incentivo e promoção da captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais (2º, IV).

Nesse prisma, destaca-se a importância do uso racional da água, em especial do combate às perdas, que apesar do progresso legislativo alcançado pela Lei nº 14.026/2020, ao referir-se sobre a gestão racional, Granziera (2023, p. 128) expõe que “sendo objeto de norma cogente, é obrigatório o uso racional. Embora não haja regulamentação específica nesse sentido, o ordenamento jurídico brasileiro vem avançando nesse quesito”.

Adentrando-se especificamente ao instrumento previsto no inciso I do art. 5º da PNRH, o artigo 7º traz o detalhamento dos planos de recursos hídricos, estabelecendo alguns conteúdos mínimos que devem ser considerados nos planos como o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos (art. 7º, I), análise do cenário demográfico, nos padrões de ocupação e atividades produtivas (art. 7º, II), balanço entre disponibilidade e quantidade/qualidade (art. 7º, III), metas de racionalização de uso, associada ao aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos (art. 7º, IV), dentre outros elementos estruturais de planejamento.

Observa-se que embora a legislação disponha do diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, bem como nas metas de racionalização de uso, não se estabelece quais são os mecanismos para assim o fazer. Nessa vertente, o modelo econômico de perdas é instrumento essencial para concretização de tal plano, dado que este permite definir metas de longo prazo, partindo das premissas científicas e econômicas, voltadas àquela localidade, de modo a analisar suas peculiaridades.

Frisa-se que o modelo econômico não seria um instrumento econômico de tutela ambiental, tampouco de comando e controle, mas sim, uma ferramenta de planejamento, coordenação de ações e balizamento para o setor, levando-se em consideração os atributos técnicos e concretos que o integram, possibilitando a compreensão da perda de água sob um enfoque econômico. Sob a ótica gerencial, os indicadores são essenciais para avaliação das perdas de determinado sistema de abastecimento, pois possibilita a avaliação para tomada de decisões, bem como assegura uma análise comparativa de dados, oferecendo bases quantitativas e qualitativas sobre os resultados e garantindo melhor gestão dos recursos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente ao desafio planetário de universalização dos serviços de abastecimento de água, a perda de água obstaculiza o atingimento de tais resultados, e considerando a escassez de recursos hídricos vivenciada, cada vez mais se tem exigido das prestadoras de serviços de abastecimento de água o comprometimento com a redução dos índices de perdas e seu respectivo combate, temas estes que vem sendo pautados pela comunidade internacional e reverberados internamente entre as Nações.

A partir da análise do ordenamento jurídico de proteção da água, percebe-se a centralidade dos recursos hídricos nos debates globais, sendo que em âmbito interno, a legislação brasileira tem acompanhado as diretrizes protetivas de melhores práticas na gestão de tais recursos. Constata-se que o novo marco do saneamento trouxe inovações no que se refere às perdas de água, fixando a redução e controle das perdas como princípio fundamental à prestação de serviços e estabelecendo a obrigatoriedade de metas expressas de redução de perdas nos contratos firmados, sob pena de nulidade. Sob a égide legal, o arcabouço jurídico tem conferido instrumentos econômicos, de comando e controle, bem como de planejamento tendentes à otimização e racionalização do uso da água.

Frente a este cenário protetivo em construção, o diálogo entre as fontes e o intercâmbio entre as ciências é essencial na delimitação de conjecturas em prol do desafio em assegurar o acesso à água potável como direito fundamental, sendo que a interdisciplinaridade se revela como elemento indispensável para auxiliar os operadores de direito na compreensão e definição de metas e indicadores a serem alcançados. Reconhece-se, portanto, a inevitabilidade das perdas de água em sistemas de abastecimento, as quais decorrem de uma multiplicidade de causas, porém, índices elevados podem representar a ineficiência de prestadoras de serviço de abastecimento de água, cuja ação acarreta em prejuízos econômicos e principalmente em danos ao recurso natural.

A gestão ineficiente das perdas provoca prejuízos aos consumidores e aos prestadores de serviços, encarecendo o custo dos serviços e afetando a disponibilidade hídrica da água. Constata-se que os índices de perdas não devem ser estabelecidos de forma fixa e/ou universal, haja vista que, de acordo com determinada realidade, pode se tornar uma meta inalcançável e até mesmo inviável técnica e economicamente. Por meio das ferramentas apresentadas é possível mensurar de forma criteriosa quais seriam as metas de perdas de água adequadas a cada sistema e/ou localidade, levando-se em consideração suas peculiaridades, sob uma visão econômica e de otimização de recursos. Além disso, por meio do balanço hídrico e do nível econômico de perdas, possibilita-se pautar os investimentos em critérios objetivos, reconhecendo a realidade de cada sistema de abastecimento e reduzindo o tempo de resposta das ações para garantia do abastecimento.

Frente às mudanças que o setor tem apresentado no que se refere às metas de universalização, aos indicadores de perdas e até mesmo na definição de investimentos a partir de sua redução, compreende-se que o modelo econômico de perdas, pautado na realização de um adequado balanço hídrico, sustentado em sistemas íntegros e dados confiáveis, fornece subsídios para o balizamento de indicadores para o setor, subsidiando a tomada de decisões e a alocação de investimentos. O modelo permite proporcionar melhor desenvoltura das empresas de saneamento no contexto de dificuldades em superar o déficit de conhecimento, em contraponto à imersão dos profissionais do Direito e empresários às técnicas essenciais para a gestão da água.

Em análise ao balanço hídrico e modelo econômico de perdas de Cornélio Procópio, observa-se que há necessidade de redução de aproximadamente 40 litros/ligação/dia em relação ao IPL de 2022 e com base no histórico de informações e na construção da modelagem, tem-se que deve haver ações de combate às perdas reais, que seria a grandeza de maior representação nos resultados, enfatizando a importância da tecnologia não só na construção do modelo, como também nas ações de combate à perda.

Tem-se que as técnicas apresentadas são instrumentos essenciais em prol da concretização da PNRH, em especial pelo alinhamento aos objetivos previstos na lei, os quais pretendem assegurar a disponibilidade da água à atual e futuras gerações, bem como sob o escopo da utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Ainda sob essa égide, o modelo econômico e o balanço hídrico estão alinhados às diretrizes gerais de gestão sistemática dos recursos hídricos e na adequação da gestão dos recursos (artigo 3, I e II), uma vez que a ferramenta permite compreender as peculiaridades de cada região e localidade, sendo verdadeiro mecanismo de gestão empresarial.

Levando-se em consideração os planos de recursos hídricos como instrumentos da PNRH, deve haver a construção de objetivos a serem alcançados, sendo as técnicas aqui difundidas essenciais para o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, bem como instrumento de planejamento e de balizamento de ações no racional e calculado combate às perdas, proporcionando a convergência entre o direito, engenharia e tecnologia, na promoção do desenvolvimento sustentável, proporcionando benesses econômicas, sociais e ambientais, às pessoas e ao planeta.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>>.

\_\_\_\_\_. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília: ANA, 2011. 68 p

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília: SAG, 2011. 100 p. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos ; v.5)

ALEGRE, Helena et al. Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Lisboa: Ed. IRAR, 2005.

BARBOSA, JONATHAN LYNCOLN ALVES. Avaliação de metodologias de nível econômico de perdas. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. 31. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [...].

CARMO, Roberto Luiz do; OJIMA, Andréa leda Ramos de Oliveira; OJIMA, Ricardo; NASCIMENTO. Thais Tatalha do. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água. Ambiente & sociedade, v. 10, p. 83-96, 2007.

CARVALHEIRO, José da Rocha. Água e saúde: bens públicos da humanidade. Estudos avançados, v. 29, p. 139-149, 2015.

DA SILVA PAGANINI, Wanderley; BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira. O Novo Marco Legal do

Saneamento: universalização e saúde pública. Revista USP, n. 128, p. 45-60, 2021.

DA SILVA SOARES, Durcelania. Comentário Geral da ONU No 15: O Reconhecimento do Direito Humano à Água e o Alargamento da Acepção de Alimentação. In: Análise crítica do direito Ibero-americano. Universidade Lusófona do Porto, 2020. P. 215-223.

DA SILVA, M. S. L. et al. Água e saneamento: contribuições da Embrapa. Área de Informação da Sede-Livro Científico (ALICE), 2018.

DE CASTRO FETTERMANN, Diego et al. Uma sistemática para detecção de fraudes em empresas de abastecimento de água. Interciência, v. 40, n. 2, p. 114-120, 2015.

FACHIN, Z.; SILVA, D. M. Acesso à água potável: direito fundamental de sexta dimensão. 3. ed. Londrina: Thoth, 2017.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). Abastecimento de Água para Consumo Humano – 2. ed. Ver. E atual. - Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2010.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. Direito de Águas: Disciplina Jurídica das águas doces. 5. ed. Indaiatuba, SP: Editora Foco, 2023.

MATSUSHITA, Thiago Lopes; GRANADO, Daniel Willian. A crise hídrica no Brasil e seus impactos no desenvolvimento econômico e ambiental. Revista Thesis Juris, v. 6, n. 1, p. 167-185, 2017.

MARQUES DOS SANTOS, Paula; ANTUNES, Sandra; GUEDES, Anabela. Os objetivos do milênio-os resultados de 2015 e prospectiva para 2030. In: I Congresso Global de Direitos Humanos. Editora da Universidade de São Luís do Maranhão, 2019.

Organização das Nações Unidas (ONU). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados. 2021.

PEARSON, D.; TROW, S. W. Calculating economic levels of leakage. In: leakage 2005 conference proceedings. 2005. p. 1-16.

PEARSON, D. Standard Definitions for Water Losses. Editorial Panel. Published by IWA Publishing, 2019.

RAMPAZZO, Lino; NAHUR, Marcius Tadeu Maciel. INTERDISCIPLINARIDADE NA TEMÁTICA ECOLÓGICA, COM DESTAQUE AO PROBLEMA DA ÁGUA. Revista Direito & Paz, v. 1, n. 44, p. 288-306, 2021.

RODRIGUES, Pedro Miguel dos Santos. Estudo das perdas aparentes por erros de medição na rede de distribuição de água de Beja. 2021. 105 p. Tese de Doutorado. Universidade do Algarve, Portugal, 2021.

SILVA, Deise Marcelino da. Direito ambiental internacional: regime jurídico das águas subterrâneas transfronteiriças e o aquífero guarani – Londrina, PR: Thoth, 2017. 204 p.

STRAKOS, Paula. Água como direito humano: Estudo comparado de sua proteção nas esferas judiciais interamericana e europeia. Revista da Faculdade de Direito UFPR, v. 61, n. 3, p. 141-164, 2016. p. 145. apud NAÇÕES UNIDAS, 1977

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Revista DAE. São Paulo, SABESP, Volume 64, Edição 201, Jan./Abr, 2016. Disponível em: < [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_201\\_n\\_1622.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf)> Acesso em: 23 mar. 2023.

VICENTINI, Liliana Pedrosa. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. Dissertação - Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 196 p. São Paulo-SP, 2012.

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. Sequência (Florianópolis), p. 165-198, 2013.

WYATT, Alan; ALSHAFFEY, Mohammad. Non-revenue water: financial model for optimal management in developing countries-application in Aqaba, Jordan. Water Science and Technology: Water Supply, v. 12, n. 4, p. 451-462, 2012.

# Extensão Universitária: Relato de experiência da Liga Acadêmica de Controle da Tuberculose da Universidade Católica de Santos – UniSantos

**LUZANA MACKEVICIUS BERNARDES\***

**JOICE MARIA PACHECO ANTONIO FERNANDES \*\***

**MÁRCIA FERNANDES MELZER \*\*\***

## RESUMO

A extensão universitária é uma estratégia fundamental para um processo de mudança na prática acadêmica, possibilitando uma formação emancipadora e crítica, uma inserção com a realidade social e política e uma troca de experiências extramuros. As ligas acadêmicas constituem-se em cenários de extensão universitária ao promover atividades que propiciam um espaço para interação entre discentes, profissionais e comunidade. Nesta perspectiva, a Liga Acadêmica de Controle da Tuberculose da UniSantos foi criada em 2008, pelos acadêmicos do curso de Enfermagem, em decorrência do alto coeficiente de incidência de Tuberculose (TB) na região, com ações articuladas junto à rede de atenção primária à saúde. O objetivo deste estudo foi relatar a vivência dos acadêmicos na Liga de Controle da Tuberculose da Universidade Católica de Santos. Trata-se de um estudo descritivo, do tipo relato de experiência. Optou-se pela Unidade de Estratégia de Saúde da Família Martins Fontes, pois situa-se na área central do município de Santos e está inserida em um território de alta vulnerabilidade. Destaca-se que a presença contínua dos acadêmicos com ações de educação em saúde fortaleceu os vínculos com a equipe e com a população, permitindo aos alunos uma vivência no cotidiano de uma unidade de atenção primária à saúde, integrando ensino-serviço e comunidade.

## PALAVRAS-CHAVE

Tuberculose. Atenção Primária à Saúde. Educação em Saúde

\* Mestrado em Saúde Coletiva e Doutorado em Saúde Coletiva pela Universidade Católica de Santos. Professora do Curso de Enfermagem na UNISANTOS. Representante da Universidade Católica de Santos no Comitê Metropolitano do Fundo Global da Costa da Mata Atlântica. Integrante do Comitê de Ética em Pesquisa.

\*\* Graduada em Enfermagem pela Escola Paulista de Medicina -UNIFESP. Mestrado em Saúde Coletiva e doutorado pela Universidade Católica de Santos. Faz parte do Grupo de Avaliação de Exposição e Risco Ambiental (GAERA) e Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Saúde (GIPS) do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Saúde Coletiva da Universidade Católica de Santos.

\*\*\* Graduada em Enfermagem e Obstetrícia pela Universidade Católica de Santos. Licenciatura em Enfermagem pela Universidade Católica de Santos.

**ABSTRACT**

University extension is a fundamental strategy for a process of change in academic practice, enabling an emancipatory and critical formation, an insertion with the social and political reality and an exchange of experiences outside the walls. Academic leagues constitute university extension scenarios by promoting activities that provide a space for interaction between students, professionals and the community. In this perspective, Unisantos' Academic Tuberculosis Control League was created in 2008 by nursing students, due to the high rate of incidence of Tuberculosis (TB) in the region, with articulated actions with the primary health care network. The objective of this study was to report the experience of academics in the Tuberculosis Control League of the Catholic University of Santos. This is a descriptive study, of the experience report type. The Martins Fontes Family Health Strategy Unit was chosen, as it is located in the central area of the municipality of Santos and is inserted in a highly vulnerable territory. It is noteworthy that the continuous presence of academics with health education actions strengthened ties with the team and with the population, allowing students to experience the daily life of a primary health care unit, integrating teaching-service and community.

**KEYWORDS**

Tuberculosis. Primary Health Care. Health Education

**INTRODUÇÃO**

**A**o integrar interdisciplinaridade e interprofissionalidade com os saberes das comunidades, a extensão acadêmica se estabelece como uma estratégia fundamental para um processo de mudança na prática acadêmica, possibilitando formação emancipadora e crítica. Assim, promove uma interação que transforma não apenas a Universidade, mas também os setores sociais com os quais ela interage (GADOTTI, 2017).

As atividades extensionistas criam espaços que possibilitam a aproximação entre a comunidade acadêmica e a sociedade, articulando o ensino e a pesquisa, como um processo científico, educativo, cultural e tecnológico (BRASIL, 2018a).

Segundo a Política Nacional de Extensão Universitária, as ações de extensão universitária devem ser pautadas no diálogo e na troca de saberes entre universidade e sociedade; ter como característica a interdisciplinaridade e a interprofissionalidade; estar associadas ao ensino e à pesquisa; promover impacto na formação dos estudantes, e gerar impacto e transformação social (FORPROEX, 2012).

As práticas extensionistas possibilitam o crescimento pessoal dos estudantes e proporcionam o contato com novos valores e crenças, o que leva ao reconhecimento da diferença como garantia da igualdade, oportunizando aos acadêmicos experiências singulares (FRANCO, 2020).

Para Takahashi (2022) as atividades de extensão universitária estimulam a formação de profissionais-cidadãos, desenvolvem a consciência social, política, cultural, e econômica, e ainda, colaboram com o aprimoramento, reformulação e execução das práticas curriculares. Destaca-se, ainda, que as experiências no campo prático vividas pelos estudantes incentivam

a busca pelo conhecimento e, certamente, causarão impactos positivos para os cursos de pós-graduação, pela procura de acadêmicos mais críticos e preparados para a construção dos projetos de pesquisa (TAKAHASHI, 2022).

Nesta perspectiva, as ligas acadêmicas constituem uma extensão universitária ao promoverem atividades que propiciam um espaço para interação entre discentes, profissionais e comunidade. Embora as literaturas não apresentem de forma clara um consenso sobre as ações das ligas acadêmicas, sabe-se que as atividades desenvolvidas são diversas e incluem aulas, cursos, simpósios, congressos, atividades assistenciais, campanhas e eventos públicos de promoção à saúde (CAVALCANTE *et al.*, 2018).

Para Pires da Silva (2020), a extensão universitária oportuniza a inserção de professores e alunos na realidade do território extramuros da universidade, retirando-a do isolamento e permitindo a troca de experiências e vivências. De acordo com Franco (2020) p. 276” [...] no fazer extensionista se articulam dimensões indissociáveis do processo ensino e aprendizagem: afetividade e cognição”.

Neste contexto, a Liga Acadêmica de Controle da Tuberculose da Universidade Católica de Santos (Unisantos) desenvolve suas ações e, assim, oportuniza ao acadêmico ampliar os espaços de aprendizado, aproximando-o da realidade de saúde local, preparando-o para uma prática crítica e reflexiva e contribuindo significativamente para a formação profissional. Destaca-se, ainda, que as experiências vividas pelos acadêmicos estimulam o caráter investigativo, incentivando a realização de pesquisas científicas.

Considerando sua composição interdisciplinar, o acadêmico tem a possibilidade de vivenciar experiências nos diferentes saberes da área da saúde e de compreender os determinantes sociais do processo saúde-doença, vislumbrando a oportunidade de transformar a realidade de saúde local, com ênfase na promoção da saúde. As ações da liga acadêmica estão pautadas nos princípios do Sistema Único de Saúde (SUS).

A Liga acadêmica de Controle da Tuberculose da Unisantos foi criada em 2008, pelos acadêmicos do curso de Enfermagem, em decorrência do alto coeficiente de incidência de Tuberculose (TB) na região, além de outros fatores que dificultavam o controle da doença, como a invisibilidade da doença como um grave problema de saúde pública, a desinformação da população, dos profissionais de saúde e dos gestores públicos e, ainda, o forte estigma social. Assim, a liga acadêmica vislumbrava a possibilidade de contribuir para melhorar o cenário desse agravo na região.

Desde sua criação, a Liga desempenha um importante papel no controle da doença, entretanto, apesar dos esforços, a doença ainda se apresenta em um cenário epidemiológico preocupante. Os dados apontam que, em 2020, a TB tenha acometido cerca de 9,9 milhões de pessoas no mundo, sendo responsável por 1,3 milhão de óbitos entre pessoas sem a infecção pelo HIV. Até 2019, a doença era a primeira causa de óbito por um único agente infeccioso, tendo sido, desde 2020, ultrapassada pela covid-19. No Brasil, em 2021, foram notificados 68.271 casos novos de TB, o que equivale a um coeficiente de incidência de 32,0 casos por 100 mil habitantes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Aproximadamente 25% dos casos novos notificados no Brasil são do Estado de São Paulo (SP); em 2020, 16.086 pessoas foram notificadas com TB em SP, correspondendo a um coeficiente de incidência (CI) de 34,8/100 mil hab. De 2006 a 2020, o CI de SP variou entre 36,8 e 40,6/100 mil hab. No mesmo período, observam-se variações do CI entre as diferentes regiões do estado: a Baixada Santista manteve o seu entre 73,6 e 91,5/100 mil hab., a Capital

entre 45,5 e 51,5/100 mil hab., o Interior entre 19,1 e 22,8/100 mil hab., e a Região Metropolitana entre 30,5 e 35,5/100 mil habitantes (BRASIL, 2021).

O município de Santos manteve, entre 2016 e 2020, uma média de 329 casos novos de tuberculose e um coeficiente de incidência (taxa proporcional à população residente) de 75,86 casos por 100.000 habitantes, tendo verificado uma discreta redução em 2021, com 68,19 casos por 100.000 habitantes. Permanece a predominância dos casos novos de tuberculose no sexo masculino, com a média de 64% dos casos notificados. A distribuição dos casos de tuberculose por região da cidade, quando analisado o coeficiente de incidência (número proporcional a população residente nos bairros), destaca a maior incidência nas regiões da Zona Noroeste e do Centro, com taxas quase que o dobro da incidência geral do município (SANTOS, 2022).

O Plano Estadual de São Paulo pelo fim da TB como Problema de Saúde Pública - 2022 a 2025 tem como metas reduzir o coeficiente de incidência da TB em 90%, com nova redução para menos de 10 casos por 100 mil habitantes até 2035, e o número de mortes por TB em 95%, passando para menos de 230 até 2035. O Plano Estadual Pelo Fim da Tuberculose ancorou-se em três pilares do Plano Nacional Pelo Fim da Tuberculose para operacionalizar as estratégias de controle da TB, alinhado com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde. O Plano define estratégias e ações para controle de acordo com a situação epidemiológica e as condições regionais da TB no Estado de São Paulo. No que se refere ao pilar “prevenção e cuidado integrado centrado na pessoa com TB”, estão contempladas ações de diagnóstico e tratamento da pessoa com suspeita de tuberculose (SÃO PAULO, 2022).

Os dados epidemiológicos apontados mostram-se, ainda, alarmantes em relação ao controle da tuberculose, principalmente em nossa região. A despeito dessa situação, torna-se evidente que medidas de controle devem ser intensificadas, e, nesse contexto, ações que envolvam a sociedade civil são imprescindíveis, com a mobilização dos seus diversos atores.

Nesta perspectiva, a Liga Acadêmica de Controle da Tuberculose da Unisantos tem como ações contribuir para o controle da Tuberculose (TB), prioritariamente na Região Metropolitana da Baixada Santista, cooperar com o Governo e organizações nacionais e internacionais, públicas ou privadas, em situações relacionada à TB e afins, incrementar estudos para melhorar o nível técnico e cultural dos membros, especialmente sobre a TB, estimular o vínculo interinstitucional e multidisciplinar, organizar, gerir e promover cursos, palestras, conferências, simpósios, seminários, exposições e mesas-redondas para valorização, aperfeiçoamento e difusão das ações de controle da TB, dar visibilidade à TB, estabelecendo mecanismos de intercâmbio e de divulgação da situação da doença no estado e no país, junto a estudantes, profissionais de saúde, gestores, sociedade civil organizada e outros parceiros.

Considerando este contexto, as ações da liga acadêmica foram articuladas com a rede de atenção à saúde do município de Santos, e, assim, as estratégias de controle da TB foram realizadas com ênfase na atenção primária à saúde (MENDES, 2011).

As ações de controle da TB são estratégias da atenção primária à saúde, considerando-a porta de entrada e a ordenadora do cuidado à saúde, assim como, importante espaço de promoção da saúde e prevenção de doenças. As políticas de saúde no Brasil são estruturadas em conformidade com princípios do SUS, e a atenção primária apresenta-se como um alicerce fundamental à consolidação desse sistema de saúde (BRASIL, 2012; SANTOS *et al.*, 2019).

As normativas ministeriais apontam para a atenção primária como principal porta de entrada e centro de comunicação com toda a Rede de Atenção à Saúde, além de estar ancorada nos princípios da universalidade, da acessibilidade, do vínculo, da continuidade do cuidado,

da integralidade da atenção, da responsabilização, da humanização, da equidade e da participação social, respondendo, próximo às residências dos usuários, à maioria das necessidades de saúde com agilidade e qualidade e de modo acolhedor e humanizado. Por conseguinte, acredita-se que a população possa ter garantido o seu direito à saúde com qualidade e resolutividade (BRASIL, 2012; BRASIL, 2017).

A Atenção Primária envolve ações de promoção, prevenção, proteção, diagnóstico, tratamento, reabilitação, redução de danos, cuidados paliativos e vigilância em saúde e é desenvolvida por meio de práticas de cuidado integrado e gestão qualificada, com equipe multiprofissional (BRASIL, 2017). Portanto, as ações de controle de TB devem ser estimuladas à nível primário na rede de atenção à saúde.

Destaca-se, ainda, que no ano de 2020, ocorreu a curricularização da extensão universitária na Universidade Católica de Santos, por meio da Resolução do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão – CEPE nº. 003/2020, instituindo-se, então, a Política Institucional para a Extensão Universitária, aprovada integralmente pelo Prof. Me. Marcos Medina Leite, Reitor e Presidente do CEPE. O documento afirma que:

a Política de Extensão da Universidade Católica de Santos orienta-se no princípio pedagógico da indissociabilidade entre as atividades de ensino, pesquisa e extensão. Mais do que um documento que sinaliza para a necessidade de impregnar o fazer acadêmico pelas ações extensionistas, é um instrumento que reforça a característica que tornou a Universidade conhecida e identificada na sociedade, ou seja, o fato de ser comunitária. Isso quer dizer que a universidade contribui com uma educação socialmente responsável, por meio da articulação e da indissociabilidade de suas funções, na defesa da qualidade acadêmica e no compromisso social (UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS, 2020, p. 4).

A Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018, estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação – PNE 2014-2024 e dá outras providências. O seu Art. 3º do Capítulo I, define que:

A Extensão na Educação Superior Brasileira é a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa (BRASIL, 2018b).

O documento que trata da Política de Extensão Comunitária da Unisantos dispõe sobre as áreas temáticas e linhas de ação extensionistas, divididas em direitos humanos, justiça e cidadania, meio ambiente e desenvolvimento sustentável e atenção à saúde e qualidade de vida. Cabe destacar que “as áreas temáticas apresentam articulação entre si, com as Linhas de Ação, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e a Ecologia Integral, proposta por meio da Carta Encíclica *Laudato Si*, do Papa Francisco” (UNIVERSIDADE CATÓLICA, 2020, p.36).

No que se refere a área temática, atenção à saúde e qualidade de vida, está definida:

Desenvolve ações que orientam como assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Trabalha a promoção da educação em saúde, valoriza a Atenção Primária e reconhece que a

saúde é um direito inalienável e fundamental para o desenvolvimento humano e um contribuinte indispensável ao crescimento e desenvolvimento das comunidades e sociedades. As ações desenvolvidas, ao oferecer condições de aquisição, discussão e aprofundamento de conhecimentos, contribuem para que o público beneficiário seja multiplicador de um estilo de vida saudável na comunidade onde está inserido. Da mesma forma, possibilitam o desenvolvimento de habilidades profissionais dos acadêmicos envolvidos por meio da vivência articulada com a realidade das comunidades (UNIVERSIDADE CATÓLICA, 2020, p.39).

Para Franco (2020) p. 277” [...] a inserção da extensão nos currículos dos cursos de graduação coloca em pauta os temas da solidariedade, da cultura do encontro e da cultura da paz, expressando bem aspectos da missão e a vocação da Universidade.”

Neste contexto, a Liga Acadêmica de Controle da TB da Unisantos passou a integrar o currículo do Curso de Enfermagem e desempenhou suas ações pautadas na Política de Extensão da Universidade.

## OBJETIVO

Relatar a vivência dos acadêmicos na Liga de Controle da Tuberculose da Universidade Católica de Santos como atividade de extensão.

## MÉTODO

Trata-se de um relato de experiência, de abordagem crítico-reflexiva, acerca da vivência de acadêmicos do terceiro semestre da graduação em Enfermagem da Unisantos, realizadas por meio das atividades de extensão da Liga Acadêmica de Controle da Tuberculose. As atividades do ano de 2023 tiveram início em fevereiro e terminaram em junho. Optou-se pela Unidade de Estratégia de Saúde da Família Martins Fontes, pois situa-se no entorno da Universidade e está inserida em um território de alta vulnerabilidade.

A Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018, que estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 do Plano Nacional de Educação (PNE 2014-2024), no seu Art. 4º, do capítulo I, estabelece que “As atividades de extensão devem compor, no mínimo, 10% (dez por cento) do total da carga horária curricular estudantil dos cursos de graduação, as quais deverão fazer parte da matriz curricular dos cursos”. Assim, considerando esta normativa, e de acordo com o Projeto Político Pedagógico do Curso de Enfermagem, a carga horária destinada para as atividades de extensão é definida em 480 horas, distribuídas em diversas áreas do curso. Para a liga, foram previstas inicialmente 80 horas, com a participação de todos os alunos do terceiro semestre vigente, totalizando 42 alunos.

Assim, o primeiro passo foi solicitar formalmente à Secretaria de Saúde do Município de Santos, por meio da Coordenadoria de Formação e Gerenciamento de Recursos Humanos (COFORM), autorização para desenvolver as atividades de extensão acadêmica, de forma contínua, no semestre, no período matutino e vespertino, de segunda a sábado. Após a autorização ser concedida, iniciaram-se as capacitações teóricas dos alunos sobre tuberculose, por meio de encontros presenciais semanais com a professora responsável pela Liga Acadêmica e capacitações sobre tuberculose em EAD - Ensino a Distância, promovidas pela Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde (UNA-SUS), no total de 45 horas, com certificações que

já compõe o currículo lattes dos acadêmicos. Em um segundo momento, participaram de outros dois encontros para orientações práticas. Simultaneamente, a professora responsável pela Liga manteve contato presencial prévio com o gestor da unidade de saúde em que o projeto seria desenvolvido, buscando explicar a dinâmica das atividades que seriam realizadas pelos acadêmicos.

Toda a logística do trabalho foi organizada e um cronograma de atividades elaborado de acordo com a disponibilidade dos alunos. A carga horária determinada pelo currículo do curso de Enfermagem para essa temática é de 80 horas/aula, divididas em 45 horas de fundamentação teórica e 35 horas em campo prático. Os acadêmicos foram divididos em turnos de 5 horas/aula, das 8h00 às 12h00 e/ou das 13h00 às 17h00.

As atividades da Liga foram bem definidas nos encontros com os acadêmicos e todas as ações pautaram-se em documentos ministeriais. As literaturas nacionais e internacionais apontam que o diagnóstico precoce é uma medida fundamental para o controle da TB e indicam a coleta de escarro em todos os indivíduos sintomáticos respiratórios que adentram a unidade de saúde. É denominado sintomático respiratório (SR), na população geral, a pessoa que apresenta tosse por três semanas ou mais. Em populações consideradas de alto risco, como pessoas vivendo com HIV, população privada de liberdade, população em situação de rua e povos indígenas, deve-se considerar tosse de qualquer tempo de duração para a busca ativa. Essa ação é denominada de busca ativa de sintomáticos respiratórios e é uma atividade de saúde pública orientada a identificar precocemente a pessoa com sintoma respiratório (BRASIL, 2021).

Os alunos desenvolvem ações de educação em saúde e orientações sobre TB na sala de espera e, posteriormente, realizam a abordagem da população, explicando sobre a doença e solicitando aos sintomáticos respiratórios a coleta de escarro, realizada pelo acadêmico de acordo com as normas e diretrizes do Manual de Recomendações para o Controle da TB. As amostras coletadas são armazenadas em recipiente apropriado, a solicitação do exame é preenchida pelo acadêmico e as amostras são encaminhadas para o laboratório de referência do município para a realização do exame do Teste Rápido Molecular – TRM – TB. Este exame foi incorporado ao SUS e desde então compõe o fluxograma de diagnóstico laboratorial da TB. O teste é considerado rápido, pois fornece o resultado em menos de uma hora e meia (BRASIL, 2019; BRASIL, 2022b).

As atividades desenvolvidas pelos acadêmicos foram supervisionadas pela professora responsável pela Liga, para suporte e orientação das ações na unidade de saúde, assim como, a interlocução entre o serviço e a universidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A formação e a qualificação dos profissionais para atuar no setor saúde não podem ser pensadas sem levar em consideração a formação que lhes é oferecida na graduação, sendo um dos obstáculos à mudança do modelo de atenção do SUS (CAMPOS, 2006).

Portanto, as Instituições de Ensino Superior (IES) têm papel fundamental como produtoras do conhecimento e como responsáveis pela formação profissional; assim, uma articulação efetiva entre as IES e os serviços de saúde, considerando a necessidade de formação de recursos humanos na perspectiva do SUS, torna-se imprescindível.

Frente ao cenário descrito, a Unisantos, por meio das atividades de extensão, vislumbrou sua possibilidade de ação, entendendo que sua aproximação com os serviços de saúde e as

comunidades poderia romper com a dicotomia entre a formação acadêmica e a prática profissional.

Na tentativa de se adequar às necessidades do mercado e às rápidas transformações ocorridas na sociedade, houve uma expressiva mudança paradigmática nas Diretrizes Curriculares Nacionais para as profissões da área da saúde, porém, ainda está longe de atender às demandas da realidade (PORTO; GARRAFA, 2011).

Destacam-se, pois, os diversos estudos que trazem à discussão o distanciamento entre a formação profissional e a prática nos serviços de saúde, aspectos apontados por Fonseca e Junqueira (2014, p. 1152): “[...] existe um descompasso entre a formação de recursos humanos e as necessidades dos serviços de saúde”, confirmado por Almeida Filho (2013), ao apontar a dissonância entre a missão do SUS e o sistema de ensino superior.

Essa constatação é também apontada por Macedo, Albuquerque e Medeiros (2014), que versam sobre a desconexão entre as necessidades do SUS e as propostas educacionais das universidades, fato considerado como entrave, que deve ser equacionado. Para as autoras (2014, p. 382), “[...] as instituições de ensino superior tendem a promover a desarticulação entre a produção de conhecimento e o ambiente de trabalho”. Com o propósito de dirimir a dicotomia entre a teoria e a prática, o Ministério da Saúde tem apoiado as IES que manifestam interesse em participar da adequação da formação profissional para atender às necessidades da população brasileira, procurando favorecer a geração de profissionais com perfis mais ajustados às perspectivas do SUS.

Neste contexto, a elaboração de projetos/programas de extensão promove, além do diálogo entre alunos, professores e sociedade, o protagonismo, ao incentivar a ação e observação das necessidades do contexto em que se está inserido (GADOTTI, 2017).

Considerando que a Universidade é um espaço privilegiado para reflexão e construção de conhecimento, a extensão tem importante significado para a formação, uma vez que oportuniza ao estudante uma aproximação com a realidade a partir do reconhecimento das necessidades populacionais, representando, assim, um canal de comunicação entre a universidade e a sociedade, de modo a preparar os alunos para atuar em um modelo de atenção à saúde que reconheça as necessidades da população (CAVALCANTE *et al.*, 2018).

Para Pires da Silva (2020), as trocas entre saber acadêmico e saberes populares, com a complexidade da diversidade social e cultural da comunidade, são um agir fundamental para o trabalho da extensão universitária.

No que se refere as ações desenvolvidas pelos alunos, destaca-se que a presença contínua na unidade de saúde possibilitou uma aproximação maior com a equipe de saúde, fortalecendo os vínculos e permitindo aos alunos experienciarem o cotidiano do trabalho em atenção primária à saúde (SANTANA *et al.*, 2021).

O acolhimento à população foi fundamental para o desenvolvimento das ações de controle da TB e os espaços de diálogos permitiram a expansão das ações de promoção da saúde. Concebe-se que o aluno inicie suas ações de saúde pela atenção primária, considerada ordenadora do cuidado na rede de atenção à saúde.

O convívio com os profissionais de saúde suscitou mudanças em diversas ações na unidade e trouxe um novo olhar para a forma de produção de saúde no local. A presença dos acadêmicos fomentou novas condutas no fazer e agir. A equipe de saúde da unidade avaliou positivamente a presença dos alunos, considerando o trabalho desenvolvido de extrema significância, enfatizando as ações de busca ativa e a orientação sobre TB na sala de espera.

As percepções dos acadêmicos em relação as experiências vivenciadas na Liga, como importante espaço para as atividades de extensão, foram também muito positivas, expressando a oportunidade de estarem em uma unidade de saúde e, também, do contato com a população.

No que se refere a coleta de escarro, estratégia fundamental para o controle da TB, constatou-se que houve um impacto expressivo, já que a presença contínua dos alunos possibilitou aumentar o quantitativo das amostras. No período de abril a junho foram realizadas 70 coletas de escarro, com um caso positivo em uma adolescente de 18 anos.

O município de Santos apresentou em 2019 o maior número de casos de TB dentre todos os municípios que compõem o Estado de São Paulo, portanto, a busca ativa é uma ação fundamental para o controle da doença. Embora tenha ocorrido um aumento das coletas de escarro pelos acadêmicos, como já mencionado, ainda se faz necessário ampliar essa atividade na própria unidade, que restringiu as coletas para o horário das 8h00 às 9h30, impactando negativamente o total das coletas realizadas por dia. Entretanto, acredita-se que a permanência dos acadêmicos na unidade possa modificar esse cenário, ampliando o horário da coleta das amostras de escarro.

Destaca-se que a ação de busca ativa dos sintomáticos respiratórios é uma estratégia de descoberta de casos bastante eficiente para diagnóstico oportuno e tratamento precoce, principalmente na atenção primária à saúde. Assim, as ações da Liga puderam contribuir com o aumento da investigação dos casos suspeitos que frequentam a unidade de saúde.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extensão universitária oportuniza a aproximação entre a formação profissional e a prática nos serviços de saúde, possibilitando ao acadêmico associar o aprendizado da sala de aula para cenários reais, favorecendo o desenvolvimento das competências e conhecimentos, que são ampliados pelas experiências vivenciadas no campo prático, permitindo, assim, o desenvolvimento da autonomia intelectual e de atitudes reflexivas e críticas

A integração entre ensino, pesquisa e extensão, fundamento básico das atividades extensionistas, permite a aproximação entre universidade e a sociedade, oportunizando experiências aos acadêmicos, que contribuirão de forma ampliada para sua formação cidadã e profissional.

O trabalho interdisciplinar, aliado ao contato com a realidade social, são essenciais para a compreensão do processo de produção de saúde e de adoecimento. A escuta qualificada, a assistência centrada na pessoa, os planos terapêuticos singulares e a humanização do atendimento são vivências fundamentais para o saber pensar e agir.

A oportunidade de estar inserido em uma unidade de saúde, vivenciando o cotidiano de um serviço e compreendendo os determinantes sociais do processo saúde-doença em um território de alta vulnerabilidade, traz um repensar sobre as políticas públicas de saúde e a integralidade da assistência. Essas indagações estimulam um pensar-agir crítico e reflexivo, pautado na ética e na responsabilidade social.

A formação dos profissionais da saúde deve responder às necessidades do mercado e às rápidas transformações ocorridas na sociedade, portanto, os desafios postos na educação superior exigem uma dinâmica em que ocorra a articulação entre teoria e a prática, oportunizando ao aluno cenários que experienciem as realidades dos serviços de saúde, e, assim, prepararem o futuro profissional para as ações efetivas em todos os níveis de atenção à saúde,

promovendo, então, a consonância entre as necessidades do SUS e a formação profissional, integrando ensino-serviço e comunidade.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, N. M. de. Contextos, impasses e desafios na formação de trabalhadores em Saúde Coletiva no Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1677-1682, June 2013. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232013000600019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013000600019&lng=en&nrm=iso)>. Access on 09 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico** | Secretaria de Vigilância em Saúde | Ministério da Saúde Número Especial | Mar. 2022a

BRASIL. Ministério da Saúde **Informativo sobre o Teste Rápido Molecular para tuberculose (TRM-TB)**. Brasília, 2022b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. **Brasil Livre da Tuberculose: Plano Nacional pelo Fim da Tuberculose como Problema de Saúde Pública –estratégias para 2021-2025**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <<http://www.aids.gov.br/pt-br/pub/2021/brasil-livre-da-tuberculose>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Manual de Recomendações para o Controle da Tuberculose no Brasil / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2019. 364 p. : il

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Promoção da Saúde**: PNPS: Anexo I da Portaria de Consolidação nº 2, de 28 de setembro de 2017, que consolida as normas sobre as políticas nacionais de saúde do SUS/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018a. 40 p.

BRASIL. Resolução CNE/CES n. 7, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014 que aprova o Plano Nacional de Educação – PNE -2014-2024 e dá outras providências, 2018b.

BRASIL. Ministério da Saúde PORTARIA Nº 2.436, DE 21 DE SETEMBRO DE 2017 Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes para a organização da Atenção Básica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS).

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Política Nacional de Atenção Básica** / Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 110 p. : il. – (Série E. Legislação em Saúde)

CAMPOS, E. F. *et. al.* Telessaúde em apoio à atenção primária à saúde no Brasil.

SANTOS, A. F. *et. al.* (Org.). **Telessaúde**: um instrumento de suporte assistencial e educação permanente. Belo Horizonte: UFMG, p. 59-74, 2006.

CAVALVANTE, A. S. P. *et al.*. As Ligas Acadêmicas na Área da Saúde: Lacunas do Conhecimento na Produção Científica Brasileira. **Revista Brasileira de Educação Médica** v.42, p.197-204; 2018.

FONSECA, G. S.; JUNQUEIRA, S. R. The Education Program of Work for Health of the University of São Paulo (capital campus): the viewpoint of the tutors. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, Apr. 2014. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141381232014000401151&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232014000401151&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 mai. 2023.

FORPROEX. **Política nacional de extensão universitária**. Elaborado pelo Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras. Porto Alegre/RS. 2012. 74 p.

FRANCO, P. F. Do princípio de aprendizagem à cultura do encontro: rumo à curricularização da extensão na Universidade Católica de Santos. **Revista eletrônica Pesquiseduca**, 12(27), 275–288.2020 Disponível em: <<https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/997>>.

GADOTTI, M. Extensão Universitária: Para quê? Instituto Paulo Freire. São Paulo, fev. 2017. Disponível em: <[https://www.paulofreire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o\\_Universit%C3%A1ria\\_-\\_Moacir\\_Gadotti\\_fevereiro\\_2017.pdf](https://www.paulofreire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o_Universit%C3%A1ria_-_Moacir_Gadotti_fevereiro_2017.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2023.

MACEDO, N. B. de; ALBUQUERQUE, P. C. de; MEDEIROS, K. R. de. O desafio da implementação da Educação Permanente em Saúde na gestão da educação na saúde. **Trab. educ. saúde**, Rio de Janeiro , v. 12, n. 2, Aug. 2014 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-77462014000200010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-77462014000200010&lng=en&nrm=iso)>. Access on 21 mai. 2023.

MENDES, Eugênio Vilaça. **As redes de atenção à saúde**. Organização Pan-Americana da Saúde, 2011. 549 p.: il. ISBN: 978-85-7967-075-6

PORTO, D.; GARRAFA, V. A influência da reforma sanitária na construção das bioéticas brasileiras. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v.16, p. 719-729, suppl.1, 2011.

SANTANA, R. R. *et al.* Extensão Universitária. como Prática Educativa na Promoção da Saúde. *Educação & Realidade*.,v.46, n.2, p. e98702, 2021.

SANTOS. Secretaria Municipal de Saúde Santos. **Boletim Epidemiológico de Santos**. Departamento de Vigilância de Saúde. Santos, Ed. n.4, 2022.

SANTOS, A.C.D *et al.*Relato de Experiência: Construção e Desenvolvimento do Programa de Saúde na Escola (PSE) sob a Perspectiva da Sexualidade na Adolescência. **Rev. bras. Educ. med.** 43 (4) Out-Dez 2019 <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v43n4RB20180248>.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Controle de Doenças. Centro de Vigilância Epidemiológica “Prof. Alexandre Varnjac”. **Plano Estadual de São Paulo pelo fim da tuberculose como problema de saúde pública – 2022 a 2025**. São Paulo, 2022.

SILVA, P. W. Extensão Universitária: um conceito em construção. *Revista Extensão & Sociedade Ed.* 2. 2020.

TAKAHASHII, E.Y. A liga acadêmica no contexto da extensão universitária: Um relato de experiência **Revista Extensão em Foco**. Palotina, n. 28, p. 47-63, Dez. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global tuberculosis report 2021**. Geneva: WHO, 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240037021>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

