

5. SUSTENTABILIDADE, PRECAUÇÃO E RESPONSABILIDADE CIVIL NA PRODUÇÃO, MANIPULAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES

Guilherme Kirtschig

Resumo

O objetivo geral deste artigo consiste em delinear uma concepção de Sustentabilidade que possa responder aos riscos das novas tecnologias típicas da Quarta Revolução Industrial, denominadas Tecnologias Emergentes, sem prejudicar as oportunidades que elas apresentam. Como objetivos específicos, busca-se apresentar duas abordagens de Sustentabilidade, top-down e bottom-up, e seu relacionamento com a tecnologia em geral; a seguir, descrever as Tecnologias Emergentes e os princípios da precaução e da promoção, vinculando-os às duas abordagens da Sustentabilidade, e situar o conjunto no cenário jurídico brasileiro; apresentar uma leitura ativa e contextualizada do princípio da precaução, apta a embasar uma terceira abordagem da Sustentabilidade, destinada a resguardar os valores constitucionais em sua interface com as Tecnologias Emergentes, sem abrir mão de seus benefícios; e, finalmente, descrever a vinculação dessa abordagem da Sustentabilidade com a Responsabilidade Civil em sua dimensão preventiva, que igualmente opera sob o vetor do princípio da precaução.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Tecnologias Emergentes, Precaução, Promoção, Responsabilidade Civil Preventiva

Introdução

O presente artigo propõe-se a delinear uma concepção de Sustentabilidade que possa responder aos riscos das novas tecnologias, típicas da Quarta Revolução Industrial e denominadas Tecnologias Emergentes, sem prejudicar as oportunidades que essas mesmas tecnologias oferecem.

Para tanto, inicialmente identificam-se duas aproximações distintas do fenômeno da Sustentabilidade, dentre as inúmeras que são possíveis, denominando-as de *top-down* e *bottom-up*; e analisa-se o modo como cada uma delas se relaciona com as Tecnologias Emergentes, incluindo os desafios que elas apresentam.

A partir disso, perquire-se a acomodação dessas duas aproximações ao cenário jurídico brasileiro, e, mantendo-o como pano de fundo, intenta-se a construção de uma ponte entre elas, de modo a extrair o melhor de cada uma, no enfrentamento dos desafios mencionados.

Em seguida, expõe-se que tal ponte embasa-se em uma leitura ativa e contextualizada do princípio da precaução, utilizando-o como material de construção; de modo a proporcionar o surgimento de uma visão híbrida da Sustentabilidade.

Finalmente, expõe-se que tal visão ostenta uma relação intensa com a sistemática da Responsabilidade Civil, especialmente em sua dimensão preventiva, já que ela opera, igualmente, sob o vetor orientativo do princípio da precaução, em sua versão ativa e contextualizada.

Para cumprir os seus objetivos, a pesquisa encetada operou com o método indutivo em sua fase de investigação; o método analítico na fase de tratamento de dados; e, no presente relatório em forma de artigo científico, utiliza-se novamente o método indutivo. As técnicas de suporte foram a da categoria, do conceito operacional, do referente e da pesquisa bibliográfica¹.

A Sustentabilidade, suas Dimensões e Relação com a Tecnologia

A Sustentabilidade vem sendo crescentemente evocada nas mais diversas searas dos debates públicos, seja a política, a jurídica, a educacional, a jornalística, dentre outras, e hodiernamente compõe discursos nas mais variadas áreas da ciência. Robert Paehlke afirma tratar-se de um conceito-ponte, integrando as ciências sociais, as ciências naturais e a filosofia em uma totalidade mais ampla, e aponta sua pertinência simultânea, por exemplo, à biologia, à ciência política, à economia e à ética (Paehlke, 2005, p. 36).

Esse caráter holístico da ideia de Sustentabilidade, porém, não a exime de ambiguidades, e não surpreende que argumentos, nela centrados e em aparente desacordo, estejam na verdade tratando de objetos totalmente diferentes².

1 Sobre métodos e técnicas, vide Pasold (2018, p. 89 a 115).

2 Sobre diferença e desacordo, vide Dworkin (2011, p. 130 a 134 e 157 a 188).

Dentre as inúmeras aproximações distintas que se apresentam, em relação ao fenômeno da Sustentabilidade, duas apresentam especial relevância no tocante à sua relação com a tecnologia. Propugna-se denominá-las de *top-down* e *bottom-up*, em linha com uma terminologia em voga no âmbito da nanotecnologia, objeto do presente manual³. Todavia, interessante ressaltar que não se pretende a mesma exatidão com a qual essas noções são aplicadas no âmbito tecnológico, já que o campo jurídico, interpretativo, solicita maior abertura conceitual.

Pois bem, de uma perspectiva *top-down*, a Sustentabilidade consiste em um princípio fundamental do Direito (Bosselmann, 2015, p. 89), estruturante do Estado Constitucional, tanto quanto os princípios da democracia, liberdade, juridicidade e igualdade (Canotilho, 2010, p. 7); apresentando, como substratos éticos, a não satisfação das necessidades humanas às custas das gerações futuras e do ambiente natural (Bosselmann, 2015, p. 27), o valor inerente de toda a vida (Bosselmann, 2015, p. 104 e 109), e a dignidade e o potencial de todos os seres humanos (Bosselmann, 2015, p. 104). O seu conteúdo aponta para o dever de proteger e restaurar a integridade ou a substância dos sistemas ecológicos da Terra (Bosselmann, 2015, p. 82), de modo a manter os níveis de consumo de recursos naturais em patamar igual ou inferior à capacidade de regeneração ou recuperação dos ecossistemas (Canotilho, 2010), assim assegurando que a sociedade possa perpetuar-se indefinidamente no tempo, em condições que garantam a dignidade humana (Cruz; Ferrer, 2015, p. 239 a 278).

Já sob uma perspectiva *bottom-up*, a Sustentabilidade incluirá todas as medidas que permitam a uma dada comunidade perdurar no tempo e gerar crescimento econômico, satisfazendo as suas necessidades de longo prazo e proporcionando bem estar a seus integrantes, dentro dos limites dos sistemas naturais nos quais se insere, e, portanto, preservando a qualidade do seu meio-ambiente (Durant, 2017a). Sob esse prisma, trata-se de um conceito denominado generativo, ou seja, que se desenvolve e enriquece na medida de sua aplicação a situações práticas, ao incorporar as experiências geradoras de resultados bem-sucedidos, incentivar novos modos de enxergar antigos problemas, explorar novas ferramentas e contemplar sua adaptação a outras circunstâncias e contextos (Durant, 2017a; Kraft, 2017)⁴.

A visão *top-down*, apresentada acima, é de origem jurídica, mas pode incorporar as soluções multidisciplinares, estruturais e cooperativas compatíveis com suas diretrizes, e que sejam necessárias para o enfrentamento de problemas globais e sistêmicos que se impõem à Humanidade (Freitas, 2016. p. 53). Nesse sentido, ela terá papel central em uma ordem jurídica global, presidindo “[...] o conjunto intersistêmico de relações que o ambiente gera com outros

3 Vide, por exemplo, a didática explicação contida em Luther. Com mais detalhes, Silva (2008, p. 10 a 12)

4 Este último apresenta uma revisão detalhada das experiências de diversas cidades dos Estados Unidos da América, que tinham por objetivo tornar-se sustentáveis.

bens e valores, principalmente nas perspectivas sociais, econômicas, culturais e tecnológicas” (Cruz; Ferrer, 2015, p. 250 e 251).

A aproximação *bottom-up*, por sua vez, já é *ab initio* de natureza multidisciplinar. Todavia, seus proponentes vislumbram que a Sustentabilidade, assim compreendida, possa tornar-se a premissa central que anima a governança ambiental, inclusive no âmbito global, atribuindo a esta última um sentido de propósito baseado em resultados (Durant, 2017a). Para eles, a Sustentabilidade representa a terceira e presente geração da governança ambiental, que se une àquelas que lhe antecederam, centradas, respectivamente, na regulação do tipo comando-e-controle e em incentivos econômicos (Durant, 2017a). Por esse caminho, pode-se vislumbrar sua incorporação ao Direito, já que regulações e incentivos econômicos de natureza ambiental, nos mais diversos âmbitos, gradualmente passam a incorporar as diretrizes da Sustentabilidade.

Ambas as concepções são multidimensionais.

Para Paulo Márcio Cruz e Gabriel Real Ferrer (Cruz; Ferrer, 2015, p. 243 a 250), adeptos da visão *top-down*, as denominadas dimensões clássicas da Sustentabilidade são três: a ambiental, concernente à preservação dos processos complexos que permitem a manutenção da vida no planeta, mediante redução da pressão da sociedade humana sobre os ecossistemas; a econômica, atinente ao incremento da geração ambientalmente sustentável de riquezas e de sua distribuição equitativa; e a social, relacionada à garantia de dignidade e qualidade de vida a todos. Como se percebe, as três dimensões são calcadas, predominantemente, em valores.

Já para Robert F. Durant, Daniel Fiorino, Rosemary O’Leary e Michael Kraft, proponentes de uma visão *bottom-up*, a Sustentabilidade cria a denominada *triple bottom-line*, no sentido de que os benefícios do crescimento econômico não devem ser perseguidos de forma desenfreada, sem considerações quanto à qualidade ambiental e à justiça social (Durant, 2017a, 2017b).

A expressão *bottom-line* é oriunda da administração de empresas e das finanças, e significa o resultado, originalmente expresso em termos financeiros, de perdas e ganhos de um determinado período, obtido por um dado empreendimento.⁵ A sua triplicação implica agregar também os resultados sociais e ambientais ao balanço final, noção que desbordou do empreendedorismo para alcançar comunidades, cidades, estados, países, e a governança global. Percebe-se assim que, nessa linha, as três dimensões se assentam primordialmente em resultados.

5 BOTTOM LINE. **Cambridge Dictionary**. Disponível em < <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/bottom-line> > acesso em 2.8.2023.

Também será distinto o modo como cada concepção encara a evolução tecnológica em geral.

O emprego intenso da tecnologia, de modo a extrair a máxima utilidade da natureza, liga-se ao ideário característico da idade moderna, de domínio do ser humano sobre o ambiente natural e sobre o seu próprio destino (Derani, 2008. p. 162). Cruz e Ferrer apontam que a exacerbação dessa pretensão, ao longo da modernidade e, especialmente, em sua fase mais recente, provocou o desenvolvimento de tecnologias capazes de engendrar riscos globalmente catastróficos, e assim extinguir a própria sociedade que proporcionou sua criação (Cruz; Ferrer, 2015, p. 263).

Segundo esses autores, cada uma das três dimensões clássicas da Sustentabilidade responde a modalidades de riscos capazes de pôr fim ao progresso civilizatório da sociedade humana; sendo, justamente por conta disso, necessário reconhecer a existência de uma dimensão adicional: a tecnológica (Cruz; Ferrer, 2015, p. 263 e p. 264). A tecnologia, assim, é vista principalmente sob o viés dos riscos que proporciona, e da necessidade de seu controle para promoção das demais dimensões da Sustentabilidade. É um modo de ver compatível com a concepção *top-down* da Sustentabilidade.

Por outro lado, Daniel J. Fiorino aponta que a tecnologia proporciona o uso mais eficiente dos materiais e da energia, reduzindo os custos da produção e aumentando seu valor (Fiorino, 2017). Ele propõe que qualquer regulação ambiental deva ser planejada de modo a não turbar o desenvolvimento de novas tecnologias; evitando-se políticas prescritivas quanto a padrões tecnológicos a serem adotados pelos agentes, de modo a proporcionar-lhes amplo espaço de flexibilidade para escolha dos meios necessários para aderir às regulações (Fiorino, 2017).

Jennifer Kuzma vai além, e sugere que as regulações ambientais devam ter, como um de seus objetivos, o estímulo à geração de novas tecnologias, que possibilitem aos agentes atingir os objetivos fixados pelas políticas ambientais (Kuzma, 2017).

A tecnologia, desse modo, destaca-se pelas oportunidades que proporciona, especialmente pelos resultados sustentáveis que é suscetível de gerar; visão essa que se amolda a uma concepção *bottom-up* da Sustentabilidade.

Resta refletir sobre as possibilidades que essas duas concepções apresentam, com relação às Tecnologias Emergentes, entre as quais inclui-se a nanotecnologia.

Tecnologias Emergentes, Precaução e Promoção

O período compreendido entre o fim do século passado e a atualidade testemunhou um salto quantitativo e qualitativo no desenvolvimento tecnológico ocorrido na sociedade, o qual vem se disseminando por seus mais variados âmbitos.

Klaus Schwab (2016, p. 12 e 13) ressalta a estreita conexão e interação entre as modificações, emergentes da aplicação de inovações tecnológicas aos processos produtivos, ocorrida a partir da época mencionada, e a reconfiguração das relações sociais, em um contexto que denomina de “Quarta Revolução Industrial”. O autor menciona (Schwab, 2016, p. 12 e 13), como exemplos das novidades tecnológicas que integram o contexto da revolução que descreve, a inteligência artificial, a robótica, a internet das coisas, os veículos autônomos, a impressão em 3D, a nanotecnologia, a biotecnologia, e a computação quântica; todas desenvolvendo-se de modo convergente, construindo e amplificando umas às outras.

Fabiano Hartmann Peixoto e Roberta Zumblick Martins da Silva (2019, p. 50) apontam que essas inovações consistem em um movimento abrangente, abarcando diversas áreas do conhecimento e ambicionando atuar sobre os grandes desafios da sociedade.

Propõe-se, aqui, utilizar a denominação de Kuzma (2017) para referência às tecnologias desenvolvidas nesse contexto revolucionário, distintas das tecnologias tradicionais: Tecnologias Emergentes. Segundo a autora (2017), trata-se de tecnologias habilitadoras recentes, que podem ser aplicadas com múltiplos propósitos, e têm potencial disruptivo em relação a sistemas sociais e naturais.

Kuzma (2017) acrescenta que elas envolvem déficits de conhecimento em relação aos seus impactos na saúde humana, no meio-ambiente, na organização social e na cultura; e, por isso, as decisões a seu respeito são tomadas em contexto de grande incerteza.

Vale apontar ainda que as Tecnologias Emergentes caracterizam-se por sua capacidade de interagir com os sistemas naturais de formas complexas e desconhecidas, e assim provocar alterações irreversíveis nos ecossistemas (Fiorino, 2017). Como afirma Maria-Angéle Hermitte, “[...] os perigos são pouco perceptíveis pelos sentidos e provêm da articulação de várias causas, o que aumenta a angústia, recriando um reino de sombras (particularmente verdadeiro no que diz respeito à radioatividade, às biotecnologias, às nanotecnologias) [...]” (Hermitte, 2006, p. 7 a 29. p. 8).

Como se percebe, os aspectos disruptivos das Tecnologias Emergentes tocam todas as dimensões da Sustentabilidade, econômica, social e ambiental, qualquer que seja o prisma sob o qual ela seja vista.

Todavia, podem-se reconhecer respostas com duas bases distintas, aos desafios postos à humanidade pelas Tecnologias Emergentes.

Uma delas é a precaucional, orientada pelo princípio do mesmo nome.

O princípio da precaução demanda uma conduta cautelosa, antecedente à manifestação do perigo, e objetiva estabelecer um perímetro de segurança espaço-temporal em relação a tal manifestação (Derani, 2008, p. 150). Conforme Teresa Ancona Lopez (2010, p. 103), ele “[...] exige a tomada de medidas drásticas e eficazes com o fito de antecipar o risco suposto e possível, mesmo diante da incerteza”.

Tal princípio tem sido visto como parte integrante da Sustentabilidade, compreendida sob uma perspectiva *top-down*.

Délton Winter de Carvalho (2013, p. 198), por exemplo, afirma que inobstante as “[...] incertezas a respeito das conseqüências futuras de determinadas atividades, a norma jurídica não pode se abster de garantir o direito das futuras gerações às condições e qualidade ambientais necessárias à subsistência digna [...]”.

Observe-se, sobre esse excerto, que enquanto a necessidade de adotar medidas para evitar danos ambientais, mesmo em cenários de incerteza, é da essência da precaução; a preservação da qualidade ambiental, de modo a garantir o suprimento das necessidades das futuras gerações, é ideia reitora da Sustentabilidade *top-down*, como exposta no item 1.

A outra resposta é a promocional, que pode ser ilustrada como uma inversão da resposta precaucional.

Nesse sentido, Kuzma (2017) assenta que o princípio da promoção implica considerar uma dada tecnologia como inofensiva, até que eventuais danos sejam comprovados; e em uma tendência à aceitação de “falsos negativos” quanto à existência de danos, ao invés de “falsos positivos”. Esse princípio aponta para a interpretação restritiva de indicadores de prejuízos, e à aprovação de uma atividade, se houver dúvidas a respeito de sua segurança (Kuzma, 2017).

Tal abordagem combina com a valorização da tecnologia e de seus resultados, correspondente a uma visão *bottom-up* da Sustentabilidade.

Kuzma (2017) aponta que a abordagem promocional é a prevalente nos Estados Unidos da América, e a exemplifica com um detalhado estudo da regulação dos organismos geneticamente modificados (OGM) no país.

Segundo ela, um dos critérios vigentes na regulação dessa área das Tecnologias Emergentes, no mencionado país, é estabelecer como objetos de regulação apenas produtos obtidos com

as novas tecnologias, e não os processos de sua obtenção (2017). Percebe-se, assim, a ênfase em resultados, atinente à resposta promocional às incertezas geradas pelas novas tecnologias.

Também vem dessa área a ampla gama de críticas que a autora formulou e recolheu na literatura, acerca da insuficiência do princípio da promoção como resposta às preocupações provocadas pelos OGM, havendo indicativos de alergenicidade, toxicidade e disrupção de ecossistemas (Kuzma, 2017). Kuzma (2017) critica também a distinção entre produtos e processos, desprovida de tem base científica; sendo essencial distinguir os maiores fatores de preocupação quanto a riscos envolvendo tanto uns como os outros.

De qualquer modo, as interações complexas, e potencialmente irreversíveis, das Tecnologias Emergentes com os ecossistemas e com a vida humana, depõem contra a sua abordagem promocional, focada em indicadores específicos e limitados de eventuais danos, examinados sob uma ótica restritiva e viés de aprovação.

O Brasil, de todo modo, claramente abraça a Sustentabilidade *top-down*, centrada na precaução.

Juarez de Freitas assenta que a Sustentabilidade integra o ordenamento constitucional brasileiro enquanto princípio implícito, nos moldes da previsão constante do artigo 5º, parágrafo 2º da Carta de 1988; e que a precaução é parte integrante dela (Freitas, 2016, p. 52 e 53; Lopez, 2010, p. 229).

Cristiane Derani também consigna a ligação estreita entre precaução e Sustentabilidade das atividades humanas, pois, para ela, as práticas econômicas somente serão sustentáveis se houver uma apropriação cuidadosa dos recursos ambientais, e o afastamento do perigo liga-se à segurança das gerações futuras (Derani, 2008, p. 151 e 152).

O princípio da precaução conta, ainda, com previsão expressa em tratados internacionais dos quais o Brasil faz parte. Como exemplos, podem-se citar a Convenção da Diversidade Biológica (Organização das Nações Unidas, 1992a), a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (Organização das Nações Unidas, 1992b), e o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança (Organização das Nações Unidas, 2000). Diversas leis ordinárias brasileiras também o incorporam expressamente, como, por exemplo, do artigo 1º da Lei 11.105/05 (Lei de Biossegurança) (Brasil, 2005), e o artigo 6º, I da Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) (Brasil, 2010). As suas diretrizes espraiam-se ainda por várias outras manifestações do legislador, ainda que não haja menção expressa; como, por exemplo, o Código de Defesa do Consumidor, a Política Nacional do Meio Ambiente e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil⁶.

6 Nesse sentido, vide Ferreira (2014, p. 86, 87 e 89).

Todavia, a Sustentabilidade *top-down*, de embasamento precaucional, não está livre de ambivalências.

Cruz e Ferrer (2015, p. 259 a 261) reconhecem que a tecnologia pode oferecer modelos energéticos mais limpos, com menos resíduos; bem como o seu potencial gerador de riqueza, ao propiciar novos negócios e maior produtividade. As novas tecnologias propiciam a ampliação da capacidade humana de aferir o caráter poluente de algumas práticas (Derani, 2008, p. 168).

O próprio princípio da precaução é, igualmente, passível de críticas.

Para Freitas (2016, p. 164), por exemplo, o excesso de precaução “[...] pode fazer retardar [...] obra vital para o suprimento de energias renováveis. De fato, o excesso de cautela, supostamente em nome da Sustentabilidade, pode ser tão nocivo quanto a falta dela”.

Cass Sunstein (2012, p. 30 a 39) põe em dúvida o desempenho de qualquer função relevante pelo princípio da precaução, nos sistemas jurídicos que o acolheram. Segundo ele, uma visão forte do princípio - a saber, sua atuação a partir de um patamar de mínima plausibilidade científica quanto ao advento de consequências graves para uma determinada decisão - resulta em paralisia, ao inibir todos os cursos possíveis de ação, e até mesmo a inação (Sunstein, 2012, p. 30 a 39).

Em síntese, uma aplicação demasiado estrita da precaução pode turbar o desenvolvimento de ferramentas inovadoras, aptas a gerar impactos positivos nas três dimensões clássicas da Sustentabilidade.

Inobstante as fundadas críticas, certo é que, no cenário jurídico brasileiro, não há base para substituir o princípio da precaução pelo da promoção, ainda que este apresente melhores condições de estimular o desenvolvimento tecnológico. Ainda que a Constituição e os tratados internacionais permitissem, possivelmente isso não seria sequer aconselhável, ante as críticas sofridas pelo princípio promocional, originárias do próprio contexto nos quais é adotado.

No entanto, cabe refletir como seria possível, a partir do princípio da precaução e da Sustentabilidade *top-down*, estabelecer uma ponte em direção à Sustentabilidade *bottom-up* e ao princípio da promoção, de modo a aproveitar as vantagens destes, sem descaracterizar aqueles.

Precaução Ativa e Responsabilidade Civil

A chave para a construção da ponte, referida na parte final do item anterior, pode centrar-se na leitura contextualizada e ativa da precaução, de modo a nela acomodar facetas sintonizada

com as consequências prováveis e efetivas das decisões tomadas, e com a reiterada necessidade de buscar novas informações a respeito.

Há autores, aliás, que já a concebem desse modo.

Lopez (2010, p. 31, 95 e 96), por exemplo, admite a impossibilidade de eliminação total dos riscos de qualquer atividade, considerando-a uma utopia inatingível. Pragmaticamente, ela afirma que o impedimento completo de novos empreendimentos e tecnologias bloquearia inovações, semearia o pânico e frearia o desenvolvimento social e econômico (Lopez, 2010, p. 31, 95, 96 e 128). Por isso, propõe que a aplicação do princípio da precaução seja examinada no tempo e no espaço, à luz das fontes científicas, políticas, econômicas, éticas e estatísticas (Lopez, 2010, p. 31, 95, 96 e 128).

É possível destacar também, nessa mesma linha, o entendimento de Maria Isabel Troncoso (2010, p. 210 e 218), para quem o princípio da precaução impõe o dever de impedir a realização de certos riscos, mas não impõe apenas uma forma de atuar, e sim obriga a tomar em conta as circunstâncias da situação concreta, como a informação científica, as medidas já existentes e a natureza dos riscos suspeitos, estabelecendo uma avaliação de proporcionalidade entre a eliminação do risco e a restrição à atividade da qual se origina.

Carvalho (2013, p. 232 e 239) também propõe a sensibilização do Direito “[...] aos dados científicos e técnicos disponíveis, às vantagens e ônus decorrentes ou não da imposição das medidas preventivas, bem como a levar em consideração o desenvolvimento econômico e social envolvido”.

Para Phillipe Kourilsky e Geneviève Viney (1999, p. 11), o princípio da precaução não pode significar nem inação nem infinitas deliberações, mas um modo de agir em situações nas quais uma decisão deva ser tomada. Eles propõem que a decisão baseada na precaução incorpore debates técnicos, políticos e sociais sobre os seus objetos, e, mais ainda, uma postura ativa, com a criação de programas de pesquisas que permitam uma permanente reavaliação das posições adotadas (Kourilsky; Viney, 1999, p. 14, 41, 42, 95 e 96).

Essa postura ativa também integra a precaução na visão de Margaret Stebbing (2009, p. 42), para quem o princípio exige a aplicação de esforços para mitigar os potenciais prejuízos detectados nas avaliações técnicas. Mais que vislumbrar consequências, portanto, essa visão da precaução determina atuar sobre elas, modificando os resultados a ser obtidos, com vista a aproveitar as oportunidades que a tecnologia oferta.

Goes e Engelmann (2015) proveem um exemplo interessante da aplicação dessa perspectiva, ao tratarem da proteção à saúde do trabalhador, face à utilização da nanotecnologia.

Esses autores propõem embasar a aplicação do Direito à nanotecnologia em informações providas de diversas fontes em diálogo, inclusive o que denominam de fontes não tradicionais, tais como diretivas emanadas de organismos reguladores sediados em outros Países (como EU-OSHA e NIOSH), de organizações internacionais como a ISO, e em trabalhos e experiências conduzidos em instituições de ensino e pesquisa (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204). Tais instâncias apresentam uma sintonia mais intensa com os desenvolvimentos técnicos e científicos, a literatura e as pesquisas de ponta, e, portanto, são aptas a prover conhecimento para um manejo efetivo do Direito, nessas questões (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204).

Segundo eles, a aplicação inicia-se com uma pré-compreensão do que denominam fatos laborais nanotecnológicos; seguida pela identificação dos princípios constitucionais que devem integrar as respostas jurídicas a serem apresentadas, como a Dignidade da Pessoa Humana e os Valores Sociais do Trabalho; e pela posterior oitiva das “vozes” oriundas das demais fontes aplicáveis, incluindo as não tradicionais. Esse movimento é circular, de modo que o aplicador retorna à sua pré-compreensão e a revê, a partir dos novos conhecimentos adquiridos com as diversas fontes em diálogo (Goes; Engelmann, 2015, p. 196 e 197).

Essa abordagem, que se abebera em resultados bem-sucedidos obtidos em outras instâncias e é intensamente empírica, gira em torno dos valores constitucionais, e é presidida pelo princípio da precaução (Goes; Engelmann, 2015, p. 172 a 204). Pode ser considerada, assim, um modelo de aplicação sustentável do Direito às Tecnologias Emergentes, ao passo que busca torná-las seguras, sem impedir sua evolução.

A abordagem permite, assim, alcançar a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, baseada tanto em valores, quanto em resultados.

Por sua vez, a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, com a configuração aqui proposta, tem uma relação intensa com a Responsabilidade Civil decorrente de sua produção, manipulação e utilização.

Recorde-se que, como extraído das lições de Goes e Engelmann, as fontes tradicionais do Direito carecem de dinamismo para acompanhar a evolução das Tecnologias Emergentes, e os debates regulatórios ocorrerão *ad hoc*, em casos concretos envolvendo problemas que surgirão nos contextos de utilização dessas tecnologias, enquanto fatos tecnológicos emergentes que demandarão a atenção do Direito em face de sua apresentação ao Estado-juiz. Como aponta Maria Celina Bodin de Moraes (2006, p. 238 e 239), os magistrados são os primeiros a sentir as mudanças sociais e a receber a demanda de tutela de questões novas, pois sua atuação é flexível e acessível à sociedade, antes que as máquinas legislativas ou administrativas possam movimentar-se para oferecer uma resposta legislativa ou regulamentar.

Não raro, a pretensão trazida ao exame do Estado-juiz terá, como objeto, o acionamento do sistema de Responsabilidade Civil, e justamente aqui reside o seu ponto de contato com a Sustentabilidade.

Afinal, em certos casos envolvendo tais tecnologias, a incidência da Responsabilidade Civil não poderá depender da efetiva constatação de um dano, e deverá operar preventivamente.

A esse respeito, Carvalho (2013, p. 232 e 239) recomenda que seja realizada uma avaliação dos interesses econômicos e sociais para decidir-se quanto à aceitabilidade de riscos ambientais, com a sensibilização do Direito “[...] aos dados científicos e técnicos disponíveis, às vantagens e ônus decorrentes ou não da imposição das medidas preventivas, bem como a levar em consideração o desenvolvimento econômico e social envolvido”. Nas palavras dele, a Responsabilidade Civil deverá atuar preventivamente face àqueles riscos [...] cuja probabilidade de sua ocorrência e a magnitude de suas consequências demonstrar a necessidade de imposição de medidas preventivas [...]” (Carvalho, 2013, 239).

Essa avaliação terá como fio condutor, justamente, o princípio da precaução, com o conteúdo ativo e contextualizado referido acima. O caráter da sua aplicação dependerá da dialética entre o conhecimento técnico disponível acerca do risco e de sua percepção social, assim como da importância atribuída aos bens jurídicos envolvidos em cada curso de ação (Kirtschig, 2021, p. 120).

Constatado, eventualmente, que haja exposição de bens jurídicos a riscos injustos, justifica-se a necessidade de imputação de medidas de gestão de risco ao potencial autor da lesão, “[...] a fim de evitar que ocorra dano, ainda que não haja certeza a respeito de sua efetiva ocorrência futura, ou da ocasião em que ela se dará” (Kirtschig, 2021, p. 119).

A aludida justificação dá-se em razão da importância dos bens, examinada à luz da situação concreta e dos bens a eles contrapostos, aqui incluídos os eventuais benefícios auferidos a partir das tecnologias utilizadas; e também “[...] em decorrência da intolerabilidade do dano potencial [...] considerando-se sua irreversibilidade, gravidade e probabilidade, a partir do conhecimento científico disponível, das percepções e comunicações sociais, econômicas e políticas, e das medidas adotadas para seu enfrentamento (Kirtschig, 2021, p. 120).

A faceta preventiva da Responsabilidade Civil, desse modo, assegura que as Tecnologias Emergentes sejam sustentáveis econômica, social e ambientalmente; já que seu acionamento pode consistir na primeira, ou quiçá única, oportunidade de evitar prejuízos irreversíveis com repercussões em todas essas esferas, e de deflagrar a operação do princípio da precaução em sua dimensão ativa, possibilitando ao Estado-juiz efetuar o diálogo de fontes apto a construir

o Direito aplicável a cada fato tecnológico emergente concreto, em seu contexto e em sua dinâmica.

Considerações Finais

À guisa de considerações finais, insta novamente destacar que o arcabouço constitucional brasileiro impõe que a produção, exploração, uso e manipulação de Tecnologias Emergentes, aí incluídas as nanotecnologias, seja realizada de forma sustentável.

Essa exigência, porém, seguidamente aponta para condutas distintas, já que tanto a liberação total quanto a plena proibição de tais tecnologias esbarra em valores constitucionalmente protegidos e, portanto, em Direitos Fundamentais.

A Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes, portanto, é inseparável de dimensões tanto precaucionais quanto promocionais, dando-se prevalência à primeira, sem, porém, descurar totalmente da última.

Para tanto, é essencial que se proceda a uma leitura ativa e contextualizada do sentido do princípio informador da Sustentabilidade na sistemática constitucional brasileira, o princípio da precaução; de modo que, ao aplicá-lo, o Direito possa atrair à sua esfera de consideração todo o contexto fático de sua aplicação; as medidas preventivas já desenvolvidas; o estado da arte do desenvolvimento científico e tecnológico relativo tanto aos benefícios da tecnologia discutida, quanto às consequências de seu uso; e às providências possíveis para afastar os cenários mais drásticos; assim como outros dados do panorama social, cultural e econômico envolvendo essa tecnologia.

Mais: deve-se ler o princípio da precaução também como princípio promotor. Sua carga promocional volta-se à continuidade e aprofundamento das pesquisas na área sob escrutínio, de modo que cada decisão adotada seja dotada de caráter *rebus sic standibus*.

A Responsabilidade Civil tem relação intensa com essa sistemática.

Em sua faceta preventiva, ela será desdobrada sempre que a probabilidade do dano e a magnitude das consequências potenciais afaste a sua atuação meramente reparadora; e, nesse diapasão, acionará precisamente o princípio da precaução com o caráter ativo, que informa a Sustentabilidade das Tecnologias Emergentes.

Em decorrência da freqüente assincronia dos debates regulatórios, dotados de maior generalidade e abstração, com o desenvolvimento das Tecnologias Emergentes, não raro o acionamento da Responsabilidade Civil preventiva será a primeira, ou única, oportunidade de aplicar

o Direito para tornar sustentável a produção, manipulação ou uso concreto de uma Tecnologia Emergente em um contexto específico.

O Ministério Público do Trabalho é um ator chave, posicionado para o desdobramento da Ação Civil Pública para a construção da regulação ad hoc, a partir da imposição de medidas de gestão de riscos, proteção à saúde do trabalhador, e aprofundamento das pesquisas necessárias à compreensão do fato tecnológico emergente, em sua totalidade.

Referências Bibliográficas

BOSELTMANN, Klaus. **O princípio da sustentabilidade**. Transformando direito e governança. Tradução de Phillip Gil França. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. Título original: *The principle of sustainability: transforming law and governance*.

BOTTOM LINE. **Cambridge Dictionary**. Disponível em < <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/bottom-line>>

BRASIL. **Decreto 5705** (2006). Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5705.htm>

BRASIL. **Lei 11.105** (2005). Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm>

BRASIL. **Lei 12.305** (2010). Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm >

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O princípio da sustentabilidade como princípio estruturante do direito constitucional. **Revista de Estudos Politécnicos** - Polytechnical Studies Review, Barcelos, v. III, n. 13, p. 7 a 18, jun. 2010. Disponível em < http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-99112010000100002>

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**. A responsabilização civil pelo risco ambiental. 2. ed. rev. atual. e amp. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CRUZ, Paulo Márcio; FERRER, Gabriel Real. Direito, sustentabilidade e a premissa tecnológica como ampliação de seus fundamentos. **Seqüência**, Florianópolis, n. 71, p. 239 a 278, dez.2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2015v36n71p239>>

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. p. 162.

DURANT, Robert F. Introduction. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Introdução.

DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary. Reconceptualizing Purpose. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Seção I.

DWORKIN, Ronald. **Justice for Hedgehogs**. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

FERREIRA, Keila Pacheco. **Responsabilidade Civil Preventiva**. Função, Pressupostos e Aplicabilidade. 2014. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade de São Paulo. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2131/tde-27102016-092601/pt-br.php>>

FIORINO, Daniel J. Regulatory Innovation and Change. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 9º.

FREITAS, Juarez de. **Sustentabilidade**. Direito ao futuro. Belo Horizonte: Forum, 2016.

GOES, Maurício de Carvalho; ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

HERMITTE, Marie-Angèle. A fundação jurídica de uma sociedade das ciências e das técnicas através das crises e dos riscos. *In*: VARELLA, Marcelo Dias (org). **Direito, sociedade e riscos: a sociedade contemporânea vista a partir da ideia de risco**. Brasília: UniCEUB, 2006, p. 7 a 29.

KIRTSCHIG, Guilherme. **Responsabilidade Civil Preventiva e Meio Ambiente de Trabalho**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2021

KOURILSKY, Phillippe; VINEY, Geneviève. **Le Principe de Précaution**. Rapport au Premier Ministre. Paris, 1999. Disponível em <<https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/004000402.pdf>>

MORAES, Maria Celina Bodin de. A constitucionalização do direito civil e seus efeitos sobre a responsabilidade civil. **Revista Direito, Estado e Sociedade** (Rio de Janeiro), v. 9, n. 29, jul/dez 2006, p. 233 a 258.

KRAFT, Michael. Sustainability and Environmental Policy. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Reconsidered**. Chal-

lenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 2º.

KUZMA, Jennifer. Risk, Environmental Governance and Emerging Biotechnology. *In*: DURANT, Robert F.; FIORINO, Daniel J.; O'LEARY, Rosemary (eds). **Environmental Governance Re-considered**. Challenges, Choices and Opportunities. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2017. Edição Kindle. Capítulo 7º.

LOPEZ, Teresa Ancona. **Princípio da precaução e evolução da responsabilidade civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

LUTHER, Wolfgang. **Bottom-up Methods for Making Nanotechnology Products**. Disponível em: <<http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1079#>>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Convention on Biological Diversity** (1992). Disponível em <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ah-UKewja26TikNznAhU4HLkGHQWxBmwQFjABegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.cbd.int%2Fdoc%2Flegal%2Fcbd-en.pdf&usg=AOvVaw0Qz6d9-4rFVn0CvzOKNEpg>>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Framework Convention on Climate Change** (1992). Disponível em <https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf> acesso em 5.dez.2020. Para internalização, vide BRASIL. **Decreto 2519** (1998). Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. UNIDAS. **Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity**. (2000). Disponível em <<https://bch.cbd.int/protocol/text/>>

PAEHLKE, Robert. Sustainability as a Bridging Concept. **Conservation Biology**, Washington DC, v. 19, n. 1, p. 36 a 38, fev. 2005.

PASOLD, Cesar Luiz. **Metodologia da Pesquisa Jurídica**- Teoria e Prática. 14.ed.rev.atual. amp.Fpolis: EMais, 2018.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann; SILVA, Roberta Zumblick Martins da. **Inteligência Artificial e Direito**. Volume I. Curitiba: Alteridade, 2019.

PORTO, Marcelo Firpo. Riscos, incertezas e vulnerabilidades: transgênicos e os desafios para a ciência e a governança. **Revista Política e Sociedade**, Florianópolis, v. 4, n. 7, p. 77 a 103, out.2005.

POSNER, Richard. **Direito, Pragmatismo e Democracia**. Tradução de Teresa Dias Carneiro. Rio de Janeiro: Forense, 2010. Título original: *Law, Pragmatism and Democracy*.

RIFKIN, Jeremy. **La civilización empática**. La carrera hacia una conciencia global en un mundo en crisis. Tradução de Genís Sánchez Barberán e Vanesa Casanova. Barcelona: Paidós, 2010. Título original: *The Empatic Civilization. The Race to Global Consciousness in a World in Crisis*.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016. Título original: *The fourth industrial revolution*.

SILVA, Guilherme Frederico Bernardo Lenz e. **Nanotecnologia**: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica. 2008. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Minas Gerais. p. 10 a 12. Disponível em <<https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-44091/nanotecnologia--avaliacao-e-analise-dos-possiveis-impactos-a-saude-ocupacional-e-seguranca-do-trabalhador-do-manuseio-sintese-e-incorporacao-de-nanomateriais-em-compositos-refratarios-de-matriz-ceram>>

STEBBING, Margaret. Avoiding the trust deficit: public engagement, values, the precautionary principle and the future of nanotechnology. **Bioethical Inquiry**, Sydney, v. 6, n. 1, p. 37 a 48, mar. 2009. p. 37 a 48. Disponível em <http://www.academia.edu/attachments/48727676/download_file?st=MTU0MjExMzU0MSwyMDAuMTQyLjMuMjQ1&s=swp-splash-paper-cover>

SUNSTEIN, Cass. Para além do princípio da precaução. Tradução de Letícia Garcia Ribeiro Dyniewicz, Luciana Rampato Schiena e Michelle Durieux Lopes Destri. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 259, p. 11 a 71, jan/abr de 2012. Título original: *Beyond the Precautionary Principle*.

TRONCOSO, María Isabel. El principio de precaución y la responsabilidad civil. **Revista de Derecho Privado**, Bogotá, n. 18, p. 205 a 220, 2010.