

# **ESTRATÉGIAS AUTORREGULATÓRIAS DO DIREITO NO CENÁRIO DE RISCOS DOS RESÍDUOS NANOTECNOLÓGICOS A PARTIR DA SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E ECONOMIA CIRCULAR<sup>1</sup>**

## **AUTORREGULATORY STRATEGIES OF LAW IN THE SCENARIO OF NANOTECHNOLOGICAL WASTE RISKS FROM BUSINESS SUSTAINABILITY AND CIRCULAR ECONOMY**

*Daniele Weber S. Lea<sup>2</sup>*  
*Wilson Engelmann<sup>3</sup>*

### **RESUMO**

As nanotecnologias são um novo e revolucionário conjunto de tecnologias, que trabalham na bilionésima parte do metro, elaborando produtos novos, com características físico-químicas desconhecidas, submetendo o consumidor a riscos incalculáveis. Estes produtos são lançados no mercado todos

---

<sup>1</sup> Este artigo é resultado parcial de Projeto de pesquisa, edital FAPERGS/CAPES 06/2018 - Programa de Internacionalização da Pós-Graduação no RS, intitulado: “Sistema do Direito, novas tecnologias, globalização e o constitucionalismo contemporâneo: desafios e perspectivas”.

<sup>2</sup> Doutoranda (bolsista CAPES/PROEX) e Mestra em Direito Público pelo PPG em Direito (Mestrado e Doutorado) da UNISINOS/RS/Brasil, vinculada à Linha de Pesquisa “Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização”; Integrante do Grupo de Pesquisa JUSNANO(CNPq); Especialista em Direito Público pelo Instituto de Educação RS (LFG). Professora da FACCAT -Faculdades Integradas de Taquara-RS e UNIFTEC. Advogada. Email: weber.daniele@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Pós-doutor pela Universidade de Santiago de Compostela (Espanha). Doutor e Mestre em Direito Público pelo PPG em Direito (Mestrado e Doutorado) da UNISINOS/RS/Brasil; Professor deste mesmo Programa, Mestrado e Doutorado; Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da Unisinos; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: wengelmann@unisinos.br

os dias e atualmente nenhum protocolo ou política é adotada para gestão dos resíduos nano. Observa-se a inserção no cenário de risco, e conseqüentemente tem-se a necessidade de adoção de desenvolvimento sustentável e destino final mais seguro. Pretende-se assim identificar a necessidade do desenvolvimento sustentável e responsável das empresas, inserindo-se a chamada Economia Circular. Ademais, busca-se construir a necessária (auto)regulação com fundamentos de Teubner, através da adoção de medidas precaucionais impostas neste cenário de “riscos nanotecnológicos”, apresentando como alternativa possível projeto para “rastreadibilidade de resíduos nanotecnológicos” -fundado nos próprios princípios basilares da Economia Circular - efetivando paralelo com o Projeto de Lei que tramita na Câmara de Deputados n.º 7.088, de 2017, de Rômulo Gouveia, o qual altera a Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para dispor sobre o rastreamento de resíduos perigosos. Portanto, de que maneira se faz viável a promoção de uma economia circular, com fundamento na sustentabilidade ambiental, para realizar a gestão e controle dos riscos dos nanoresíduos?

## **PALAVRAS-CHAVE**

Nanotecnologias; autorregulação; risco; sustentabilidade ambiental; economia circular.

## **ABSTRACT**

Nanotechnologies are a revolutionary new set of technologies that work on the billionth of the meter, making new products with unknown physico-chemical characteristics, putting the consumer at untold risk. These products are launched on the market every day and currently no protocol or policy is adopted for nano waste management. The insertion in the risk scenario is observed, and consequently there is a need to adopt sustainable development and a safer final destination. The aim is to identify the need for sustainable and responsible business development, with the so-called Circular Economy. In addition, it seeks to build the necessary (self) regulation with Teubner's fundamentals, through the adoption of precautionary measures imposed in this scenario of “nanotechnological risks”, presenting as a possible alternative project

for “traceability of nanotechnological wastes” - based on the basic principles themselves of the Circular Economy - taking effect in parallel with the Bill that is passed in the Chamber of Deputies No. 7.088, of 2017, by Rômulo Gouveia, which amends Law No. 12,305, of 2010, which establishes the National Policy on Solid Residues, to hazardous waste. Therefore, in what way is it possible to promote a circular economy, based on environmental sustainability, to manage and control the risks of nanowaste?

### **KEYWORDS**

Nanotechnology; self-regulation; risk; environmental sustainability; circular economy.

## INTRODUÇÃO

As nanotecnologias representam a utilização da escala nanométrica – que equivale à bilionésima parte do metro – em variados setores e segmentos da indústria, gerando produtos com características totalmente novas, se equiparadas àquelas que seus similares em escala macro apresentam. O século XXI se caracteriza pela emergência de uma revolução tecnocientífica sem precedentes, impulsionada pelos avanços de novos produtos, dispositivos e processos com nanotecnologias. Vale dizer: é a possibilidade humana de acessar a escala nanométrica, que equivale à bilionésima parte de um metro.

Os investigadores abrem o caminho, fazendo as descobertas; as indústrias promovem a criação de produtos, a partir deste primeiro estágio; o comércio vibra com as possibilidades de vendas que os consumidores levam para as suas casas, usam nos seus corpos e povoam o meio ambiente com lixo que tem características inusitadas. Aqui se tem alguns degraus do ciclo de vida dos nanomateriais e nanopartículas. Permeando estes e outros degraus, se verifica a emergência de riscos, que, igualmente, poderão apresentar contornos novos e desafiadores a partir do presente, em direção ao futuro (ENGELMANN, 2018).

Desta maneira, as nanotecnologias estão inseridas no cotidiano humano implementando e produzindo uma gama de novos produtos, os quais são utilizados na sua grande maioria pelas pessoas sem qualquer noção do que tal tecnologia representa. Observa-se que as nanotecnologias podem apresentar benefícios extremamente relevantes para a sociedade, como na medicina, engenharia, medicina veterinária, remediação ambiental, dentre outras áreas. Entretanto, de encontro aos potenciais benefícios encontra-se o risco, com a grande possibilidade de danos ao meio ambiente e saúde humana, conforme apresentado em larga escala na comunidade científica.

Por esta razão, quanto maior a produção de nanotecnologia e inserção na vida humana, maior o descarte e geração do chamado “nanowaste”, ou nanoresíduo. Tomando-se em consideração este cenário de descarte do resíduos nanotecnológicos no meio ambiente, o problema deste artigo versa sobre a ausência regulatória específica para os resíduos nanotecnológicos, e de que forma a adoção da Economia circular pelas empresas, fundadas na sustenta-

bilidade empresarial, poderá efetivar a implementação da rastreabilidade dos resíduos nanotecnológicos, que conseqüentemente, efetuará gestão do risco e autorregulação para o nanowaste, num espaço iluminado pelos princípios da precaução e da sustentabilidade exigida neste cenário permeado por incertezas e riscos nanotecnológicos.

A hipótese provisória do problema é a possibilidade de utilização e fomento do desenvolvimento sustentável e responsável das empresas, inserindo-se a chamada Economia Circular. A partir destes fundamentos que corroboram com os Princípios ambientais da Precaução e da sustentabilidade, será possível a construção da necessária (auto)regulação com fundamentos de Teubner através da adoção de medidas precaucionais impostas neste cenário de “riscos nanotecnológicos”, tendo como alternativa possível projeto para “rastreabilidade de resíduos nanotecnológicos” -fundado nos próprios princípios basilares da Economia Circular - efetivando paralelo com o Projeto de Lei que tramita na Câmara de Deputados n.º 7.088, de 2017, de Rômulo Gouveia, o qual altera a Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Se utilizará a perspectiva metodológica sistêmico-constructivista, para observar como as bases jurídicas poderão ser desenvolvidas e comunicadas independente da sua conexão com o Poder Legislativo, fomentando a comunicação inter-sistêmica com os Sistemas da Ciência, da Política e da Economia. Sobre a perspectiva metodológica constructivista, utilizada para o encadeamento das ideias deste projeto, Luhmann, Niklas (2007, p. 22). Portanto, necessário entender sobre o contexto do novo mundo nano e seus reflexos na sociedade, em especial na atenção aos resíduos, e a alternativa jurídica (auto)regulatória com implementação de rastreabilidade, num cenário de sustentabilidade, precaução e adoção pelas bases da economia circular.

## **1 O NOVO MUNDO DAS NANOTECNOLOGIAS E O RISCO: COMO ELABORAR A GESTÃO DO NANOWASTE A FIM DE PRESERVAR O ECOSISTEMA**

As nanotecnologias representam um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, obtidas graças ao desenvolvimento de equipa-

mentos especiais, que conseguem acessar as propriedades especiais da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas, isto é, um nanômetro corresponde à bilionésima parte de um metro ou à notação científica de  $10^{-9}$ . A expressão *nanotecnologia* deriva do prefixo grego *nános*, que significa anão, *techne* que equivale a ofício, e *logos* que expressa conhecimento. Atualmente, as variadas tecnologias que viabilizam a operação em escala nano trazem consigo muitas incertezas, especialmente concernentes à possibilidade de riscos altamente nocivos à saúde e ao meio ambiente (DURÁN; MATTOSO; MORAIS, 2006).

Observando-se as características da Quarta Revolução Industrial, percebe-se que seus impactos terão reflexos nas inter-relações entre o homem e a tecnologia (os impactos em relação ao indivíduo, ao poder, a política e a economia e os reflexos sobre a cultura, sociedade e o meio ambiente). (ENGELMANN, 2017, p.248).

Estas novas tecnologias estão em quase todos os setores produtivos, que se encontram disponíveis na atualidade. O que está contido nesta palavra? A manipulação e a produção na escala atômica, ou seja, na bilionésima parte do metro, que equivale à notação científica  $10^{-9}$ . De acordo com o Comitê Técnico 229 da ISO (*International Organization for Standardization*), a utilização da escala nanométrica pode ser encontrada nos seguintes setores, aqui exemplificativamente apresentados: têxteis, plásticos, embalagens para alimentos, agricultura (SUPAN, 2015) material de construção, medicamentos, diagnóstico de doença, protetores solares, medicamentos, equipamentos médicos (ABBONDANZA, 2015, p.6) e odontológicos, energia, equipamentos esportivos, equipamentos bélicos e equipamentos eletrônicos (ISO TC 229,2019).

Pode ainda ser definida como a ciência da manipulação de matéria na escala nanométrica, a fim de descobrir novas propriedades e assim produzir novos produtos. Nos últimos 30 anos, uma quantidade considerável de interesse científico e financiamento de pesquisa e desenvolvimento dedicado à nanotecnologia levou a desenvolvimentos rápidos em todas as áreas de ciência e engenharia, incluindo química, materiais, energia, medicina, biotecnologia, agricultura, alimentos, dispositivos eletrônicos e produtos de consumo. Somente nos EUA, o governo federal gastou mais de US \$ 22 bilhões em pesquisa

em nanotecnologia desde 2001 (CHENG et al, 2016).

Os avanços nas áreas de nanociência e nanotecnologia resultaram em inúmeras possibilidades para aplicações de produtos de consumo, muitas dos quais já migraram de bancos de laboratório para prateleiras de lojas e sites de comércio eletrônico. Os nanomateriais foram cada vez mais incorporados aos produtos de consumo, embora a pesquisa ainda esteja em andamento sobre seus potenciais efeitos no meio ambiente e na saúde humana (VANCE et al, 2015).

Para demonstrar a gama de produtos existentes em nível global, é possível apresentar os números gerais registrados pela *Nanotechnology Products Database* (NPD) - Base de Dados de Produtos de Nanotecnologia (tradução nossa) -, criada em janeiro de 2016. Com a finalidade de se tornar uma fonte de informação confiável, acreditada e atualizada para a análise e caracterização de produtos nanotecnológicos (ou seja, nanoprodutos) introduzidos nos mercados globais, cataloga-se e registra-se toda capacidade de produção de nanotecnologia desenvolvida no mundo.

Com base então na NPD, pode-se afirmar que atualmente existem 8674 produtos com nanotecnologias, produzidos por 2181 companhias, oriundos de 60 países. Desta forma, a nanotecnologia aparece diariamente na vida em sociedade, desde produtos cosméticos (protetor solar, creme antirrugas), shampoos, até mesmo produtos domésticos (bebedouro d'água) e medicamentos, indústria bélica, dentre outras várias áreas (INTRODUCTION, 2019).

Insera-se ainda na chamada Quarta Revolução industrial, cunhada por Schwab, e mais recentemente nos desafios trazidos na sua última obra, intitulada "Aplicando a Quarta Revolução" Industrial, quais sejam: a) a justa distribuição dos benefícios das disrupções tecnológicas; b) a contenção das inevitáveis externalidades; c) Garantia de que as tecnologias emergentes nos empoderem como seres humanos, em vez de nos governar (SCHWAB, 2018, p. 30).

Estas tecnologias, já não mais tão novas no cenário tecnológico, estão situadas como parte integrante da Quarta Revolução Industrial, diagnosticando a realidade desta nova tecnologia, dados sobre seu surgimento, usos e aplicações nas mais diferentes áreas do conhecimento humano. Segundo Schwab:

[...] Imagine as possibilidades ilimitadas de bilhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis, dando origem a um poder de processamento, recursos de armazenamento e acesso ao conhecimento sem precedentes. Ou imagine a assombrosa profusão de novidades tecnológicas que abrangem numerosas áreas: inteligência artificial, robótica, internet das coisas, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica, para citar apenas algumas (SCHWAB, 2016, p.11).

Entretanto, mesmo observando-se promessa de evolução benéfica à humanidade, as nanotecnologias vêm acompanhada de incertezas científicas quanto seus efeitos e (possíveis?) danos futuros ao meio ambiente e vida humana. No estado atual da arte, não se sabe ao certo quais os danos os nanomateriais podem acarretar ao ecossistema. Por esta razão, diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas no intuito de verificar qual os (possíveis ou não) impactos das nanos na vida humana e meio ambiente.

Cada vez mais necessita-se de uma comunicação, entre Estados e sistemas diversos, com a finalidade de buscar instrumentos regulatórios aptos a resolver a complexidade das nanotecnologias. Este tema envolve não só o estado brasileiro, mas abarca a preocupação com o tema da regulação das nanos, que tem reflexo no cenário internacional (LEAL, ENGELMANN, 2018, p.279).

Muitos estudos sobre as nanotecnologias estão em desenvolvimento em nível mundial, como nos Estados Unidos (NHI, 2019), Europa em geral (UNIÃO EUROPEIA, 2014) (OECD, 2016), Ásia e até mesmo América Latina. E face a publicação de pesquisas sobre os efeitos e (possíveis) danos (futuros?) à vida humana, o alerta entre os cientistas foi apresentado sobre o potencial risco, o que deslocou a discussão também ao mundo jurídico. Neste contexto, de que maneira poderão as empresas, por meio da sustentabilidade empresarial, adotando e fomentando a economia circular, e posteriormente instituindo a rastreabilidade dos resíduos nanotecnológicos, efetivarão a gestão do risco?

Tal questionamento desperta uma enorme incógnita e clama por uma necessária implementação de regras, tendo em vista o atual desconhecimento,



especialmente a respeito de seu descarte e depósito, em face da possibilidade dos danos. Portanto, ante a possibilidade de dano (futuro) ao meio ambiente e vida humana, é necessária a discussão sobre a regulação das nanotecnologias, e seu urgente desenvolvimento com o fito de preservar as presentes e futuras gerações de danos futuros.

Observa-se que as novas tecnologias estão no topo do ranking do risco (no 7.º lugar), e as nanotecnologias se inserem neste contexto, o que demonstra a importância do debate em nível global. Vejamos os dados (ALLIANZ, 2018):



Fonte: ALIANZ, 2018, p.03

A possibilidade de risco é iminente. (XIA et al, 2017) (MOUNEYRAC et al, 2017) Todos estes materiais estão intensamente presentes no cotidiano humano, o que trará, em consequência, um maior descarte no meio ambiente. Com a proposta de economia circular, fundada na sustentabilidade empresarial, aliado à proposta de rastreabilidade de resíduos nanotecnológicos, este nanowaste obteria uma destinação controlada, segura, evitando a contaminação desmedida no meio ambiente.

Desta forma, a contribuição e importância deste artigo é buscar uma al-

ternativa dada a omissão legislativa, apropriando-se de adoção de política ambiental, com sustentabilidade e economia circular, instituindo ainda protocolo autorregulatório de rastreabilidade do nanowaste, a fim de proteger minimamente os (possíveis) danos ao meio ambiente e vida humana, fundamentando-se para tal propósito Gunther Teubner e suas lições.

## **2 DA ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA OS RESÍDUOS NANOTECNOLÓGICOS, UMA ALTERNATIVA DA RASTREABILIDADE?**

A gestão dos resíduos nanotecnológicos vem ganhando maior destaque na literatura internacional, face o risco do *nanowaste* no meio ambiente ser maior do que de materiais em escala macro, conforme observa a OECD:

Um ponto em branco relativo no entendimento científico reside área de gerenciamento de resíduos. Os resíduos que contêm esses materiais são atualmente gerenciados juntamente com o desperdício convencional sem conhecimento suficiente dos riscos associados e Impactos no meio ambiente. (tradução nossa) (OECD, 2016, p. 05).

Cabe ao Direito, assim, como ciência, possibilitar a criação de instrumentos jurídicos com objetivo de efetivar medidas de gerenciamento preventivo do risco, baseado nos princípios da precaução e sustentabilidade, para elaborar gestão dos resíduos, preservando as atuais e futuras gerações. Diante deste contexto, são importantes os aportes da sustentabilidade e economia circular na busca das alternativas autorregulatórias.

Um dos aspectos mais importantes para o futuro das gerações no que tange às novas tecnologias, na qual as nanos se inserem, é a sustentabilidade. Inclusive existe um novo movimento relacionando nano e sustentabilidade. Existe uma organização internacional que vem estudando o desenvolvimento das nanotecnologias aliadas à sustentabilidade, de maneira a pesquisar a interação entre os nanomateriais e ecossistema, promovendo a evolução da

nanotecnologia com uma pegada ambiental e sustentável (THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY, 2019). Trata-se do Centro para Nanotecnologia Sustentável:

O objetivo do Centro para Nanotecnologia Sustentável é desenvolver e utilizar uma compreensão do nível molecular das interações nanomateriais-biológicas para permitir o desenvolvimento de nanotecnologias sustentáveis e socialmente benéficas. Com efeito, pretendemos compreender os princípios químicos e físicos de nível molecular que regem o modo como as nanopartículas interagem com os sistemas vivos, a fim de fornecer os fundamentos científicos necessários para garantir que a evolução contínua da nanotecnologia possa ocorrer com a pegada ambiental mínima e benefício máximo para a sociedade. O CSN não é um centro físico, mas é um ponto focalizado para a colaboração que liga a experiência complementar de pesquisadores em 12 instituições diferentes para alcançar o que nenhum de nós poderia fazer individualmente. (tradução nossa) (THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY, 2019).

Conforme defende Schwab, não se deve considerar as tecnologias emergentes como ‘meras ferramentas’, que estão completamente sob nosso controle, mas deve-se entender ‘como’ e ‘onde’ os valores humanos estão incorporados às novas tecnologias e como elas podem ser moldadas para melhorar o bem comum, a gestão ambiental e a dignidade humana. Assim, todas as partes interessadas deverão participar da discussão global sobre as maneiras como as tecnologias estão impactando na vida de todos no planeta (SCHWAB, 2018).

Este é o ponto nevrálgico para o desenvolvimento sustentável, a participação de todos, de modo que as empresas desenvolvedoras das nanos deverão ter papel mais importante ainda, por terem maiores recursos e acessos aos meios científicos e autorregulatórios, adotando mecanismos sustentáveis, principalmente na questão dos resíduos gerados.

De outro modo, presencia-se uma necessidade muito maior de mu-

dança. É necessária alteração substancial no modo de desenvolvimento das nanotecnologias, onde o início dá-se pelas empresas. Mudança desde sua idealização, até sua industrialização, distribuição, e principalmente dos resíduos por eles gerados. Uma consciência ambiental concreta, que busque, de fato, proteger a presente e futuras gerações, calcadas na sustentabilidade.

Tal movimento vai ao encontro das ideias de Ulrich Beck, que em sua última obra, “A metamorfose do mundo”, defende uma chamada metamorfose. Ao invés de mudança, pois se desestabilizam as certezas da sociedade moderna, os eventos e processos que provocam um choque fundamental [...] *A metamorfose significa que o que foi impensável ontem é real e possível hoje* (BECK, 2018, p.11-12) [...] *A metamorfose implica uma transformação muito mais radical, em que as velhas certezas da sociedade moderna estão desaparecendo e algo inteiramente novo emerge* (BECK, 2018, p.15).

A questão da segurança deve ser tomada numa perspectiva mais ampla, vinculada à sustentabilidade. O maior financiador público do Reino Unido da pesquisa de inovação básica, o “Conselho de engenharia e Ciência Física e de Pesquisa” pediu aos candidatos que relatassem as maiores implicações e riscos potenciais (ambientais, de saúde, sociais e éticos) associados à pesquisa proposta na área de nanociências; relacionando à sustentabilidade, que contribui para o objetivo do desenvolvimento sustentável da União Europeia.

A União Europeia segue a *definição* de desenvolvimento sustentável de 1997, que consiste em dimensões econômicas, sociais e ambientais em dependência mútua; e socialmente desejável: *socialmente desejável* captura os pontos âncora normativos relevantes e mais específicos do Tratado sobre a União Europeia, como *qualidade de vida, igualdade entre homens e mulheres*. Os pontos no desenvolvimento e avaliação de produtos irão claramente além da simples rentabilidade do mercado, embora este último possa ser uma condição prévia para a viabilidade dos produtos nas economias competitivas do mercado. (VON SCHOMBERG, 2013)

A sustentabilidade é foco nas Nações Unidas. Está disposta nos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, onde o 12.º objetivo versa especificamente sobre o consumo e produções responsáveis (ONU, 2019). Esta Agenda é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperi-

dade. Ela também busca fortalecer a paz universal com mais liberdade. Reconhecemos que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. Todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, implementarão este plano.

Mostra-se determinação em tomar as medidas ousadas e transformadoras que são urgentemente necessárias para direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são 169 metas que demonstram a escala e a ambição desta nova Agenda universal. Eles se constroem sobre o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e concluirão o que estes não conseguiram alcançar. Eles são integrados e indivisíveis, e equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental(ONU, 2019).

Os Objetivos e metas estimularão a ação para os próximos 15 anos em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta (ONU, 2019a). Desta maneira, fundada na sustentabilidade, encontra-se a Política de Economia Circular bases e propostas atreladas aos mesmos objetivos, que poderiam servir de instrumentos para a adoção de autorregulação, como implementação da rastreabilidade dos resíduos nanotecnológicos, fazendo alusão ao Projeto de lei dos resíduos perigosos, da Política nacional de resíduos, que se verá no próximo tópico.

Idealmente, convém que o sistema de produto seja modelado de tal maneira que as entradas e saídas em sua fronteira sejam fluxos elementares e de produtos. A identificação das entradas e saídas que deveriam ser rastreadas ao meio ambiente, isto é, a identificação de quais processos elementares que produzem as entradas (ou processos elementares que recebem as saídas) deveriam ser incluídos no sistema de produto em estudo, é um processo iterativo. E neste ponto que se insere a **Economia circular**: crescimento com foco em benefícios sociais. O modelo econômico de extrair, transformar, descartar da atualidade está atingindo seus limites físicos.

A *economia circular* é uma alternativa atraente que busca redefinir a noção de crescimento, com foco em benefícios para toda a sociedade. Isso envolve dissociar a atividade econômica do consumo de recursos finitos, e eliminar

resíduos do sistema por princípio. Apoiada por uma transição para fontes de energia renovável, o modelo circular constrói capital econômico, natural e social. Baseia-se em três princípios: eliminar resíduos e poluição por princípio, manter os produtos e os materiais em ciclos de uso e regenerar os sistemas naturais. Segundo a Ellen MacArthur Foundation, em uma economia circular, a atividade econômica contribui para a saúde geral do sistema. O conceito reconhece a importância de que a economia funcione em qualquer escala – para grandes e pequenos negócios, para organizações e indivíduos, globalmente e localmente (PRADO FILHO, 2018).

A economia circular mostra-se uma alternativa atraente à economia linear de extração, transformação e descarte, oferecendo para a sociedade a oportunidade de reduzir a sua dependência de fontes de energia e materiais esgotáveis, ao passo que possibilita o seu contínuo desenvolvimento. Por princípio, a economia circular é regenerativa e restaurativa e tem por objetivo potencializar a utilidade e valor de produtos, componentes e materiais. Estudos preliminares da Ellen MacArthur Foundation (2017) mostraram que seria possível gerar mais oportunidades de inovação e criação de valor no Brasil através da transição para economia circular, visto que o país possui características mercadológicas e sociais únicas, além do capital natural.

Esta possui dois princípios importantes que se encaixam nas demandas dos resíduos nanotecnológicos, que são a maximização do rendimento de recursos, levando à redução dos desperdícios e à circularidade dos recursos; e ainda a estimulação da efetividade do sistema, gerando impactos positivos para todas as partes interessadas (CNI, 2018). Fundado na sustentabilidade, desenvolvendo a chamada economia circular, possibilitar-se-ia a proposta de “rastreadibilidade de resíduos nanotecnológicos”, fazendo correlação com o Projeto de Lei n.º 7088 de 2017 (que altera a Lei n.º 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para dispor sobre o rastreamento de resíduos perigosos) (BRASIL, 2019).

A Economia Circular também é entendida como o oposto da Economia Linear. Na economia linear, modelo este utilizado no Brasil e em muitos outros países atualmente, a matéria-prima é extraída, processada, vendida, utilizada e descartada como resíduo, gerando assim, o rápido esgotamento de recursos

naturais, além da destruição do meio ambiente. Por isso, as discussões relacionadas aos resíduos sólidos atualmente devem ser desenvolvidas muito além de assuntos como apenas poluição, desmatamento, efeito estufa, espaço, saúde. Embora todos esses assuntos sejam grande relevância, é necessário que estes debates envolvam também os temas relacionados à otimização dos recursos, estratégia, marketing, economia, logística, emprego, renda e cidadania. (LAURINDO, 2016).

Este é o modelo da Economia Circular: um processo onde os resíduos são minimizados, através da manutenção do valor econômico dos produtos e dos materiais e recursos neles contidos, pelo maior tempo possível. Para que seja possível a transição para um sistema mais circular faz-se necessária uma abordagem envolvendo governos, empresas e ciência, bem como consumidores e maior cooperação na cadeia de valor. O que condiciona a circularidade é o reconhecimento de diferenças setoriais, incluindo seus interesses e envolvimento em toda a cadeia de valor devido a limites técnicos e físicos, bem como a impactos diferentes em termos de custos e benefícios (BUSINESS EUROPE, 2015).

De outro modo, na Economia Circular os resíduos em geral são tratados como um recurso valioso; a coleta, a triagem e a reciclagem de produtos e materiais descartados são consideradas atividades cotidianas; os produtos e materiais devem ser pensados visando sua reutilização sempre que possível; e a transformação dos produtos em novas matérias-primas ou em produtos com maior valor agregado é uma atividade que deve ser amplamente aplicada. Para que isto ocorra, diversos tipos de conceitos, tecnologias e inovações podem ser aplicados, favorecendo assim a criação de sistemas que sejam mais eficientes, impedindo o desperdício de recursos e gerando novos negócios e empregos também nas áreas menos favorecidas da cidade (LUZ, 2017).

Desta maneira, uma vez que demonstrada a importância da adoção de medidas sustentáveis no manejo dos resíduos nanotecnológicos, possível que esta sustentabilidade esteja ligada aos princípios da Economia Circular. A fim de consolidar a segurança deste manejo, de maneira mais concreta, viável que seja proposta uma espécie de rastreabilidade dos resíduos nanotecnológicos, como analogia do projeto de lei 7.088, que altera a política de resíduos sólidos, que será no próximo tópico explorado, aliado aos fundamentos de Teubner.

### 3 DA AUTORREGULAÇÃO À TEUBNER: INSTITUINDO A RASTREABILIDADE A PARTIR DE PROJETO DE LEI DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS

O maior aspecto deste projeto, e que tem gerado preocupação na comunidade científica é o destino final destes materiais com nanotecnologia quando do fim de seu ciclo. Estes materiais podem não ser biodegradáveis e assim, permaneceriam no ambiente, interagindo com outros materiais. Este risco em potencial já está causando preocupação dos países em desenvolvimento para onde os resíduos contendo nanomateriais podem ser exportados (FAO, 2012).

A *Life Cycle Analysis* (LCA) - análise do ciclo de vida - está diretamente vinculada, e vice-versa, com a avaliação do risco das nanopartículas. O conceito de ciclo de vida do produto, está incluso na Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), no Art. 3º, IV (BRASIL, 2010): “IV - Ciclo da vida do produto: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final;”. Assim, pode-se dizer que o ciclo de vida do produto não se extingue com o consumo *stricto sensu*, que é apenas a penúltima etapa do ciclo de vida do produto, que se finaliza somente com a disposição final ambientalmente adequada, que envolve também as embalagens (MORAES, 2013).

É salutar deixar mencionado aqui a questão do resíduo e a responsabilidade civil dos diversos integrantes da cadeia consumerista, já consagrados nos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), no Art. 3º, XVII que menciona a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, ou seja, o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos da referida lei. Importante pensar que com a reciclagem pode-se estar perpetuando o ciclo de vida de um nanomaterial, que entrará novamente em um novo ciclo, do berço ao túmulo.

Em 13 de abril de 2016 o Centro de Direito Ambiental Internacional



(CIEL), a Organização de Cidadãos Europeus pelo Meio Ambiente, a Organização para Standarts, e o Instituto Oeko efetuaram a Publicação de uma Declaração das Organizações Europeias sobre resíduos que contenham nanomateriais. Entre os principais aspectos abordados estão: a) A implementação de plena responsabilidade do produtor para garantir uma gestão segura de resíduos contendo nanomateriais manufaturados; b) A restrição dos movimentos transfronteiriços de resíduos que contenham certos nanomateriais manufaturados; c) A possibilidade de quantificação transparente e caracterização dos fluxos de resíduos que contêm nanomateriais fabricados através de registro público dos produtos nanos na UE; d) O estímulo a inovação em matéria de prevenção de resíduos; e) A promoção do desenvolvimento de tecnologias de reciclagem e descarte seguras e eficazes para os produtos que contêm nanomateriais manufaturados; f) O desenvolvimento e estabelecimento de critérios verificáveis de fim de resíduos para materiais recicláveis que contêm nanomateriais manufaturados; e ainda g) Os inovadores devem explorar como as propriedades avançadas de nanomateriais fabricados podem ser utilizados em apoio da economia sem a introdução de novos riscos ambientais ou agravar os já existentes (BERGESON, HUTTON, 2016).

Pelo exposto, a partir desta proposta de operacionalização ou gestão europeia quanto ao nanowaste, verifica-se a necessidade de implementação de medidas de manejo e acompanhamento do ciclo de vida dos nanomateriais, que, a partir da proposta deste projeto, dar-se-ia com a implementação de uma “rastreadibilidade de resíduos nanotecnológicos”, com aplicação pelas empresas (a contar da produção), fazendo o cotejo com o projeto de lei n.º 7.088 de 2017 (BRASIL, 2017), o qual pretende alterar a ventilada lei de resíduos sólidos, justamente adotando a rastreadibilidade dos resíduos perigosos.

Tal proposta de rastreadibilidade tem base na sustentabilidade e na precaução exigida neste contexto, e que ainda vai ao encontro dos princípios da Economia Circular (MASSULO, 2017), apresentada anteriormente. Nesta seara, a geração de resíduos sólidos perigosos é considerada uma realidade da sociedade moderna, o qual se faz o cotejo com os nanoresíduos. Hoje a questão dos resíduos sólidos, principalmente, o resíduo sólido perigoso é um dos graves problemas ambientais a serem enfrentados pelas autoridades e que ainda

necessita de uma série de providências para que a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos seja cumprida a contento, para evitar ou minimizar os danos ambientais causados pela gestão e gerenciamento inadequados destes resíduos. Assim, procuram os pesquisadores e cientistas minimizar ou evitar os danos causados por estes resíduos, através da necessária gestão e o gerenciamento destes de forma adequada.

A rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos, portanto, é um meio de tentar efetuar esse monitoramento e controle da gestão dos resíduos. E diante da similaridade com os resíduos nanotecnológicos, poderia ser implementado também a eles, como forma de autorregulação.

Os resíduos perigosos demandam uma gestão própria e com maior cuidado quanto a sua destinação. Se a própria política de resíduos sólidos já estabelece os procedimentos mínimos necessários para sua gestão, em virtude da periculosidade, imagine-se o paralelo com os resíduos nanotecnológicos, os quais possuem potencial imenso de dano (futuro), estando presente a capacidade de risco e toxicologia apresentada em diversas pesquisas postas ao longo deste projeto. Tais resíduos possuem capacidade de dano inimaginável, nunca antes pensado pela comunidade científica, dada sua particularidade.

Portanto, se já nos resíduos perigosos é necessário todo procedimento especial quanto seu manejo e destinação final, maior cautela e cuidado deverá ter o nanowaste. Contudo a Política Nacional de Resíduos Sólidos não faz nenhuma referência a nenhum a rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos, alteração esta proposta em Projeto de lei n.º 7.088 de 2017 (BRASIL, 2017). Olsen (2009) explica que a rastreabilidade pode ser entendida como capacidade de traçar a história, aplicação ou localização de um determinado produto ou produtos através de identificação. Assim, pode-se identificar a origem dos materiais ou componentes, a história de produção do produto, ou ainda, a distribuição e a localização do produto depois de pronto.

Dessa forma, entende-se como rastreabilidade de resíduo a capacidade de se verificar a quantidade e qualidade do resíduo desde o gerador até a destinação ou disposição final ambientalmente adequada. Assim, identificar quanto saiu, de onde saiu, por onde passou, quem transportou, para onde foi e quanto tempo levou o resíduo sólido perigoso, desde o gerador até a

disposição final. A rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos tem o intuito de tentar minimizar o grande número de problemas decorrentes da gestão e gerenciamento inadequados destes resíduos, comumente noticiados pela mídia brasileira. Uma vez que tais resíduos são altamente danosos à saúde humana e ao ambiente devido às suas características (MATOS, SILVA, 2017).

Para tentar minimizar o problema da falta de previsão na legislação brasileira de mecanismos capazes de efetuar a rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos existe um Projeto de lei na Câmara dos Deputados apresentado em 14/03/2017, cuja a ementa é Altera a Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para dispor sobre o rastreamento de resíduos perigosos.

O Projeto de lei é o Projeto nº 7088/2017 que estabelece no art. 1º que seja acrescentado na Política Nacional de Resíduos sólidos o art. 37-A com a seguinte redação: “Art. 37-A. É obrigatória a implantação, pelo operador de resíduos perigosos, de dispositivo móvel e remoto de rastreamento dos veículos e embarcações usados para o transporte desses resíduos” (BRASIL, 2017). E, o art. 2º estabelece o acréscimo no art. 38, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, um § 4º, com a seguinte redação:

§ 4º O Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos deve incluir sistema de rastreamento desses resíduos, nas fases de geração, recolhimento, transporte, armazenamento temporário e disposição final ambientalmente adequada.

Portanto, com tal alteração, adequada à implantação da rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos, que seria capaz de traçar toda a história, localização, monitorando e identificando o tipo e quantidade de resíduo desde o gerador, operador e até a disposição final ambientalmente adequada. Esta proposta legislativa vai ao encontro das urgentes e necessárias propostas de regulação para as nanotecnologias, principalmente quando se foca no nanowaste, este que vem sendo descartado no meio ambiente sem qualquer cuidado ou protocolo. Contudo, dando conta da rápida dinâmica dos nanos, num primeiro momento poderia ser instituído por forma de autorregulação tal

proposta de rastreabilidade.

A partir da implementação de instrumento autorregulatório, como neste projeto, de rastreabilidade do nanowaste, a gestão do risco seria efetiva, uma vez que os nanomateriais e produtos seriam controlados, monitorados, e receberiam as cautelas que o risco impõe, de maneira a viabilizar uma logística adequada para o descarte do nanowaste.

E a fim de dar fundamento à autorregulação, utiliza-se o arcabouço teórico dos Fragmentos Constitucionais de Teubner (2016), o qual apresenta novas categorias de compatibilização da atuação local e transnacional, a fim de adaptar nas organizações de base nanotecnológica. Teubner (1989, p. 125), desde sua primeira obra conhecida no Brasil, entende que a convergência de expectativas pode ser estimulada com a “[...] introdução voluntária de mecanismos de regulação [...]” que permitem adentrar “No domínio de uma regulação da coevolução, onde sistemas de negociação intersistêmicos são desenhados com o objetivo precípua de compatibilizar mundividências e expectativas convergentes”. Percebe-se uma nova visão de compatibilizar o Direito às novas complexidades e demandas.

Ademais, possível a ligação da autorregulação dos resíduos no segundo momento de sua doutrina, ressaltando quando Teubner (2003, p.11) diz que “[...] o direito global só pode ser interpretado adequadamente por meio de uma teoria do pluralismo jurídico e de uma teoria das fontes do direito, correspondentemente concebida em termos pluralistas”.

Menciona ainda o autor (2003) o surgimento de direitos em decorrência do atual estado e desenvolvimento social em nível mundial, com o advento da globalização, enfatizando que uma teoria do pluralismo jurídico deve passar a vislumbrar possibilidades de ajustar o foco de direito de grupos para direito dos discursos, razão pela qual, entende que uma teoria de fontes do direito, na atualidade, deve então passar a

[...] concentrar a sua atenção em processos ‘espontâneos’ de formação do direito que compõem uma nova espécie e se desenvolveram - independentemente de um direito instituído pelos Estados individuais ou no plano interestatal - em diversas áreas da sociedade mundial (TEUBNER, 2003, p.11).

Percebe-se em Teubner o profundo comprometimento na aproximação do Direito com os desafios intrínsecos ao desenvolvimento de uma sociedade moderna (TEUBNER, 2016, prefácio), que no contexto das nanotecnologias, é a visão adequada para tentar dirimir esta lacuna de regulação, buscando a efetiva gestão do risco nanotecnológico. Pelo entendimento do autor, observa-se que nas últimas décadas surgiram formas globais de coordenação e decisão jurídica para além do Direito internacional público, com tendência para a transnacionalização, de maneira que o Direito deve se compatibilizar com “novos espaços jurídicos” da sociedade global, e de que maneira o arcabouço jurídico-conceitual deverá ser aprimorado para compreensão desta evolução social. A fundamentação seria baseada na observação das constituições não estatais no âmbito transnacional a partir da perspectiva jurídica, inovando no sentido de constituições setoriais transnacionais parciais, sistematicamente ligando às teorias sociológicas da globalização e do constitucionalismo social (TEUBNER, 2016).

Traz ainda o questionamento sobre a coordenação entre um pluralismo constitucional. Outro aspecto importante é que anteriormente tratava-se de liberação de energias do poder político do Estado Nacional e suas limitações. Entretanto, atualmente trata-se de liberar energias sociais diferentes, especialmente perceptíveis na economia, na ciência, na tecnologia, medicina etc. Tais energias são, hoje, liberadas em espaços sociais além do Estado Nacional. Observa-se problemas em espaços transnacionais e fora do sistema político institucionalizado, nos setores privados da sociedade mundial (TEUBNER, 2016). Nas palavras de Teubner:

Atualmente seus fundamentos sofreriam com a erosão causada, por um lado, pela unificação europeia e pelo surgimento de regimes transnacionais; e, por outro, pelo deslocamento dos processos políticos de poder para as mãos de atores coletivos privados (TEUBNER, 2016, p.25).

Na esteira deste entendimento é possível inserir as atuais dificuldades pertinentes às nanotecnologias, pois não se trata de possíveis danos (futuros)

ao meio ambiente ou vida humana à setores regionalizados do ecossistema. Qualquer impacto será causado num espaço transfronteiriço, ultrapassando a ideia de demarcação geográfica ou regional. Defende Teubner que a sociologia constitucional também afeta e modifica outros sistemas parciais autônomos da sociedade mundial, sobretudo na economia global ciência e tecnologia, sistema educacional, novos meios de comunicação em massa e serviços de saúde.

Por outro lado, questiona o problema do constitucionalismo fragmentado na nova sociedade globalizada, que de certa forma vai ao encontro da complexidade da ausência regulatória das nanos, pois nesta seara a autorregulação já vem sendo aplicada, bem como seguidas regulações transnacionais:

As atividades econômicas, científicas, pedagógicas e médicas, dentre outras atividades sociais, devem se submeter à proposições normativas da constituição estatal? Ou devem as instituições sociais desenvolver, de forma autônoma, suas constituições próprias?[...]Paralelamente, à luz das análises empíricas e programas normativos, levanta-se a seguinte questão: a que são direcionadas as constituições sociais parciais?à regulação estatal de âmbitos sociais parciais, à proteção de sua autonomia, à equiparação de processos decisórios sociais com os da política, ou ainda, à politização autônoma de instituições sociais?(TEUBNER, 2016, p.32)

Ademais, discorre o autor que na sociedade globalizada, no cenário transnacional, os atores sociais não apenas participam de processos políticos de poder de *global governance*, mas também estabelecem por conta própria regimes globais autônomos fora do âmbito da política institucionalizada, que podem converter facilmente em atores políticos, passando a influenciar na tomada de decisões políticas(TEUBNER, 2016).

Observando o *nanomundo*, percebe-se que os atores privados, por meio de organizações internacionais privadas, ao instituírem protocolos ou instrumentos com potencial regulatório, acabam se enquadrando neste mesmo movimento constitucional, no setor transnacional, pois uma vez que se tornam

regimes autônomos, facilmente acabam tomando lugares dentro das instituições estatais, influenciando na tomada de decisão no que tange à políticas ambientais e regulatórias. Por fim, deixa-se a inquietação elaborada na doutrina, promovendo a interface com a governança global das nanos (que não possui segurança na estrutura jurídica), ligada à globalização e fragmentação da sociedade global, onde Teubner refere:

Quais sujeitos constitucionais conseguirão lidar com a nova problemática na globalização – a fragmentação da sociedade global, a perda de formalidade de suas estruturas jurídicas, assim como novas formas globais de controle e a questionável legitimidade da novideira global governance? [...] Surgirão outros modelos transnacionais em seu lugar – regimes, organizações formais, redes, acumulações, configurações, constelações ou conjuntos?(TEUBNER, 2016, p.95)

Portanto, a obra de Teubner pode servir de fundamento teórico para o objeto de estudo deste projeto, pois a adoção da Economia Circular, a partir da sustentabilidade empresarial, com posterior implementação de rastreabilidade dos resíduos nanotecnológicos, acompanha o movimento transnacional apresentado pelo autor, onde normas privadas instituídas por atores privados (organizações privadas) são expandidas e adotadas ao redor do mundo, na confluência da globalização.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recente quebra de paradigma do poder das novas tecnologias vem despertando uma preocupação iminente no que tange à proteção, saúde e bem-estar humano. O aprofundamento do debate sobre os riscos mostra-se indispensável no atual contexto nanotecnológico. A produção de nanoprodutos encontra-se em amplo crescimento, o que conseqüentemente gera o aumento do risco na utilização desavisada destes produtos, que conseqüentemente traz o aumento dos resíduos nanotecnológicos.

Não há certeza sobre os (possíveis) danos ou efeitos que as nanos po-

derão acarretar na saúde humana, em especial quanto à toxicidade e a ausência de biocompatibilidade dos materiais utilizados. Isso é ainda mais gravoso pelo contato direto que os consumidores têm com esses produtos amplamente lançados ao mercado.

Os instrumentos com potencial regulatório podem ser inseridos dentro das próprias organizações estatais, que vêm se apropriando destas regulações na falta de instrumentos jurídicos clássicos, tendo em vista a ausência de estrutura dentro dos Estados. Assim, os códigos privados acabam se lançando em nível global, recebendo a devida validação. Neste sentido, a proposta de economia circular, fundada na sustentabilidade empresarial, que visa instituir a rastreabilidade dos resíduos nanoparticulados vai ao encontro da validação de Teubner, onde seria viável a adaptação da utilização local de autorregulação, pois os sistemas próprios de regulação estão fazendo as vezes das instituições estatais, dando eficácia e valor aos seus próprios protocolos ou instrumentos regulatórios, que assim possível relacionar ao *code* por Teuber citados. Assim, mostra-se a necessidade e viabilidade do Desenvolvimento Sustentável e responsável, inserindo-se a chamada Economia Circular para o resíduos nanotecnológicos, buscando construir a necessária (auto)regulação com fundamentos de Teubner, através da adoção de medidas precaucionais impostas neste cenário de “riscos nanotecnológicos”, apresentando como alternativa possível projeto para “*rastreabilidade de resíduos nanotecnológicos*” - fundado nos próprios princípios basilares da Economia Circular - efetivando paralelo com o Projeto de Lei que tramita na Câmara de Deputados n.º 7.088, de 2017.



---

## REFERÊNCIAS

ABBONDANZA, Sébastien. Les Enjeux de l'robotique. IN: Destination Science Les Thématiques, Naintré, França, n. 1, novembre 2015.

ALLIANZ. Allianz risk barometer. Top business risks for 2018. 2018. Disponível em: < [https://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/Reports/Allianz\\_Risk\\_Barometer\\_2018\\_EN.pdf](https://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/Reports/Allianz_Risk_Barometer_2018_EN.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BECK, Ulrich. **A metamorfose do mundo**: novos conceitos para uma nova realidade. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Editora Zahar. 2018. P.11-12

BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. Declaration on waste containing nanomaterials. The National Law Review, Chicago, Apr. 21 2016. Disponível em: <<http://www.natlawreview.com/article/european-organizations-issue-declaration-waste-containing-nanomaterials#sthash.k6eBXpMK.S2cTdme9.dpuf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. Câmara de deputados. **Projeto de lei n.º 7.088 de 2017**. Altera a Lei n.º 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para dispor sobre o rastreamento de resíduos perigosos. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2125270>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BUSINESS EUROPE, 2015. **Circular economy: a key pillar of a strategic european resource policy**. Disponível em: <https://www.bussinesseurope.eu/publications/circular-economy-key-pillar-strategic-european-resource-policy-how-companies-europe>. Acesso em: 25 abr. 2019

C. Mouneyrac, Unrine, J. M. , Giamberini, L. , Tsyusko, O. V. , Santaella, C. , DiGiulio, R. T. , and Schwab, F. , “Ecotoxicology principles for manufactured nanomaterials”, in **Environmental Nanotechnology: Applications and Impacts of Nanomaterials**, 2ndnd ed., M. Weisner and Bottero, J. - Y. New York: McGraw Hill Education, 2017, pp. 141-172.

CHENG, Huai. N. et al. Nanotechnology overview: opportunities and challenges. In: CHENG, Huai. N. et al. (Ed.). *Nanotechnology: delivering on the promise*. Washington: American Chemical Society, 2016. v. 1. (ACS Symposium Series, 1220).

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. de. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. Artliber, São Paulo, 2006.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2018.

ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e direitos humanos. *Cadernos de Dereito Actual* N° 9. Núm. Ordinario (2018), pp. 441-487. ISSN 2340-860X. ISSNe 2386-5229. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Agenda of the meeting: Joint FAO/WHO Seminar Nanotechnologies in Food and Agriculture** FAO. Rome, Mar. 27 2012. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/news\\_events/Nano\\_Seminar\\_Agenda\\_FINAL.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/news_events/Nano_Seminar_Agenda_FINAL.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2019.

INTRODUCTION. *Nanotechnology Products Database (NPD)*. [S.l.], 2019. Disponível em: <[http:// product.statnano.com/](http://product.statnano.com/)>. Acesso em: 25 abr. 2019.

LAURINDO, M. **A viabilidade da economia circular à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Monografia apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas. Florianópolis: 2016.

LEAL, Daniele Weber S. ENGELMANN, Wilson. A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos (NANOWASTE): o Pluralismo Jurídico entre a gestão dos riscos e os protocolos da OECD. [ebook] São Leopoldo: Karywa, 2018. ISBN: 978-85-68730-31-7

LUZ, B. **Economia circular Holanda**: Brasil: da teoria à prática. 1. ed. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

MASSULO, A. Organic wastes management in a circular economy approach: Rebuilding the link between urban and rural areas. **Ecological Engineering**, Italy, n. 101, p. 84-90, 2017. BERGESON, Lynn L.; HUTTON, Carla N. Declaration on waste containing nanomaterials. **The National Law Review**, Chicago, Apr. 21 2016. Disponível em: <<http://www.natlawreview.com/article/european-organizations-issue-declaration-waste-containing-nanomaterials#sthash.k6eBXpMK.S2cTdme9.dpuf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

MATOS, Erika T. A. R. de; SILVA, Rodrigo Rabelo de Matos. **A atual situação da rastreabilidade dos resíduos sólidos perigosos na legislação brasileira**. Direito ambiental e socioambientalismo II [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI. Coordenadores: Erivaldo Cavalcanti e Silva Filho; Everton Das Neves Gonçalves; Maria Dos Remédios Fontes Silva- Florianópolis: CONPEDI, 2017.

MORAES, Paulo Valério Dal Pai. **Macrorrelação ambiental de consumo**: responsabilidade pós-consumo ou relação coletiva de consumo. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). Nanotechnology at the national institutes of health. Maryland, [2007?]. p. 2. Disponível em: <<https://www.nih.gov>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

OLSEN, Petter - **Harmonizing methods for food traceability process mapping and cost/benefit calculations related to implementation of electronic traceability systems**. Tromsø, Noroega: Nofima, 2009. Disponível em: <<http://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2015-2009.pdf>>. Acesso em: : 25 abr. 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Nanomaterials in waste streams: current knowledge on risks and impacts. Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264249752-en>>. Acesso em: 25 abr. 2019

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS a. ONUBR. **Preâmbulo**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONUBR. **Objetivo 12**. Assegurar padrões de produção e de consumo. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods12/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. REVISTA AD NORMAS. **A avaliação do ciclo de vida (ACV) e a economia circular**. Setembro 2018. Disponível em: <<https://revistaadnormas.com.br/2018/09/04/a-avaliacao-do-ciclo-de-vida-acv-e-a-economia-circular/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

SCHWAB, Klaus. Aplicando a Quarta revolução industrial. 2018. Edipro.352 p. ISBN-13: 9788552100249. ISBN-10: 855210024X .

SUPPAN, Steve. No Small Task: Generating Robust Nano Data. Posted July 16, 2015. Disponível em: <<http://www.iatp.org/blog/201507/no-small-task-generating-robust-nano-data>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

T. Xia, Qi, Y. , Liu, J. , Qi, Z. , Chen, W. , and Wiesner, M. R. , “Cation-Inhibited Transport of Graphene Oxide Nanomaterials in Saturated Porous Media: The Hofmeister Effects”, **Environmental Science & Technology**, vol. 51, no. 2, pp. 828 - 837, 2017.

TEUBNER, Gunter. A Bukowina global sobre a emergência de um pluralismo jurídico transnacional. **Impulso**, Piracicaba, v. 14, n. 33, p. 11, 2003. Disponível em: <<http://livrozilla.com/doc/1623775/a-bukowina-global-sobre-a-emerg%C3%Aancia-de-um-pluralismo>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

TEUBNER, Gunther. Fragmentos constitucionais: constitucionalismo social na globalização. Marcelo Neves et. al.(Coord). São Paulo: Saraiva, 2016.

TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoiético**. Tradução de José Engracia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.

THE CENTER FOR SUSTAINABLE NANOTECHNOLOGY. **About us**. Madison, 2015. Disponível em: <<https://susnano.wisc.edu/about/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

UNIÃO EUROPEIA. Comissão Europeia. HORIZON 2020: em breves palavras: o programa-quadro de investigação e inovação da EU. Bruxelas, 2014. p. 9-10. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020\\_PT\\_KI0213413PTN.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_PT_KI0213413PTN.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2019.

VANCE, Marina E. et al. Nanotechnology in the real world: redeveloping the nano-material consumer products inventory. *Beilstein Journal of Nanotechnol*, Frankfurt am Main, n. 6, Aug. 2015. Disponível em: <<http://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

VON SCHOMBERG, René. A vision of responsible innovation. In: OWEN, Richard; BESSANT, John; HEINTZ, Maggy (Ed.). **Responsible innovation: managing the responsible emergence of science and innovation in society**. Nova Jersey: Wiler, 2013a.