

CAPÍTULO 1

Direito ambiental e a legitimidade de tecnologias e processos sustentáveis: história e marcos

Rosangela Rodrigues Dias, Mariany Costa Deprá, Darissa Alves Dutra, Adriane Terezinha Schneider, Richard Luan Silva Machado, Victor Cesar Rodrigues Carvalho, Leila Queiroz Zepka, Eduardo Jacob-Lopes

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-21-3.c1>

Resumo

A conscientização, o engajamento e a ação global pela natureza aumentaram em meio à crescente degradação do meio ambiente e às mudanças climáticas. O direito ambiental contribuiu para dar ao meio ambiente – como sujeito – a proteção de seus recursos naturais finitos. O histórico das ações culminou em tecnologias e processos desenvolvidos para serem mais sustentáveis. Esses buscam ser legitimados legal e socialmente, pois o esforço é uma via de mão dupla, onde sem reconhecimento vem o desencorajamento. Este capítulo aborda os primórdios do direito ambiental, bem como o conjunto de ações que promovem o desenvolvimento de tecnologias e processos sustentáveis. O incentivo à atividade inventiva e disruptiva por parte da sociedade civil também é abordado.

Palavras-chave: Meio ambiente; Direito de terceira geração; Aprovação social; Participação pública; Sustentabilidade.

1. Introdução

O mundo ultrapassou a marca de 8 bilhões de pessoas em 2023. As projeções da população mundial mostram que o número de habitantes atingirá o

pico em torno de 10,3 bilhões de pessoas em 2080. O número de pessoas não é necessariamente a questão principal, mas a pressão que esse crescimento pode exercer sobre os recursos naturais e os ecossistemas – certamente é. Com o crescimento populacional, vem o aumento da demanda por alimentos, energia e outros recursos que intensificam a degradação e a exaustão do meio ambiente (Maja e Ayano, 2021).

A taxa em que os recursos são consumidos excede em muito a capacidade do planeta de renová-los naturalmente. O Earth Overshoot Day (Dia da Sobrecarga da Terra) é um lembrete da necessidade de reduzir a pressão sobre os recursos do planeta. Desde 2000, a data que marca o dia do ano em que excedemos a capacidade regenerativa da Terra vem surgindo cada vez mais cedo: de 22 de setembro em 2000 a 1 de agosto em 2023. Essas datas mostram que entramos em “dívida ambiental” e passamos a operar em “crédito” muito antes do final do ano. O desafio é atrasar esta data, idealmente para dezembro (Earth Overshoot Day, 2024).

Hoje, há uma maior conscientização de que, ao invés de explorar recursos finitos, é preciso adotar práticas mais sustentáveis, protegendo o planeta e os recursos que restam. No entanto, de uma perspectiva histórica, antes da Revolução Industrial, a preocupação com questões ambientais como a entendemos hoje era praticamente inexistente. Os recursos naturais no século XVII pareciam inesgotáveis e a natureza era considerada infinita. Somente mais tarde, nos séculos XVIII e XIX, com o avanço industrial e o rápido crescimento da população e das cidades, os problemas ambientais, como a poluição da água e do ar, começaram a ser evidenciados. No entanto, as respostas governamentais nessa época foram limitadas. Contudo, no século XX, movimentos em defesa do meio ambiente começaram a surgir. O livro "Primavera Silenciosa" (1962), de Rachel Carson, marcou um ponto de virada na forma como a sociedade entendia o impacto das atividades humanas no meio ambiente. Este livro foi creditado por inspirar o surgimento do movimento ambientalista (Meyer, 2021; Kim, 2024).

Mais tarde, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo (1972), representou um marco importante em sua época, reconhecida como o primeiro grande encontro de chefes de Estado

organizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) para tratar de questões ambientais. A conferência de Estocolmo, como também é chamada, contou com a presença de chefes de 113 países e mais de 400 instituições governamentais e não governamentais. Embora não tenham sido estabelecidas metas concretas, foi concebida a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – documento que orienta o comportamento das nações em relação ao meio ambiente. O documento reconhece o direito humano a um meio ambiente saudável e a responsabilidade das nações para com as gerações futuras (Chasek, 2022; Joos, 2023).

A partir da década de 1970, o direito ambiental como ramo jurídico começou a se consolidar, ganhando relevância com leis subsequentes. Atualmente, com as mudanças climáticas e o aquecimento global, o direito ambiental vem se tornando cada vez mais relevante na sociedade contemporânea. E mais recentemente, dentre os eventos e tratados que marcaram os últimos tempos, a Cúpula de Ambição Climática (2023), evento convocado pela ONU para promover ações contra as mudanças climáticas, foi uma tentativa de aumentar a pressão política para a implementação de ações mais rápidas e robustas em relação as mudanças climáticas. Infelizmente, alguns países resistem à transição da energia fóssil para a renovável e, em geral, as ações concretas ficam aquém dos compromissos assumidos (Bomberg, 2023).

Este capítulo se aprofunda na história e evolução do direito ambiental – nacional e internacional – e destaca o papel do incentivo por parte da sociedade para criação de tecnologias e processos sustentáveis.

2. História e evolução do direito ambiental

O direito ambiental é um direito de terceira geração que aborda questões que transcendem os interesses individuais e foca no coletivo. É um ramo do direito com regulamentações, políticas e estatutos projetados para abordar a proteção da qualidade do meio ambiente. O direito ambiental se consolidou em meados da década de 1970 e, ao longo dos últimos 50 anos, embora tenha estabelecido um arcabouço legal relevante, é digno de nota que, a adesão a

pensamentos ecologistas não foi consistentemente validada durante esse período (Battaglin, 2021). A desconsideração ao meio ambiente como sujeito de direitos é, na verdade, um fenômeno histórico. Do colonialismo, com abordagens extrativistas e exploradoras, à revolução industrial, com a priorização do desenvolvimento econômico, e agora com a cultura do consumo desenfreado, o uso dos recursos naturais tem sido intensivo e insustentável (Caronti, 2020; Rossi *et al.*, 2021). Atualmente, o apelo à ação climática acompanhado de eventos climáticos catastróficos cada vez mais comuns está aumentando a sensibilização ambiental. Essa sensibilização felizmente tem se refletido na criação de leis ambientais (Sousa *et al.*, 2023).

No âmbito nacional, tomando como exemplo o arcabouço legal do direito ambiental no Brasil, algumas leis e regulamentações brasileiras que merecem destaque são o Decreto nº 23.793 de 1934, conhecido como o primeiro Código Florestal do Brasil; a Lei nº 6.938 de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente; a Lei nº 9.605 de 1998, que dispõe sobre a Lei de Crimes Ambientais; a Lei nº 9.985 de 2000, conhecida como a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação; a Lei nº 11.284 de 2006, que dispõe sobre a Gestão de Florestas Públicas para Produção Sustentável; o Decreto nº 6.514 de 2008, que Regulamenta Infrações e Sanções Administrativas; a Lei nº 12.187 de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima; a Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei nº 12.651 de 2012, que dispõe sobre o novo Código Florestal; e a Lei nº 14.119 de 2021, que regulamenta a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (Figura 1) (Ambiental, 1981; Brasil, 2010; Ferreira, 2011; da Silva *et al.*, 2012; Assmann e de Melo, 2016; Amado, 2017; da Silva *et al.*, 2019; Silva e Persch, 2023; Mascaretti Junior, 2023).

No Brasil, um olhar mais atento ao direito ambiental revela que a criação e a aplicação de leis foram castradoras, fundamentalmente sancionadoras e logicamente criadas a partir de uma perspectiva capitalista. Nas primeiras décadas, as estruturas legais preocuparam-se principalmente com a aplicação de penalidades, não sendo projetadas para promover verdadeiramente a proteção do meio ambiente, mas para favorecer interesses econômicos.

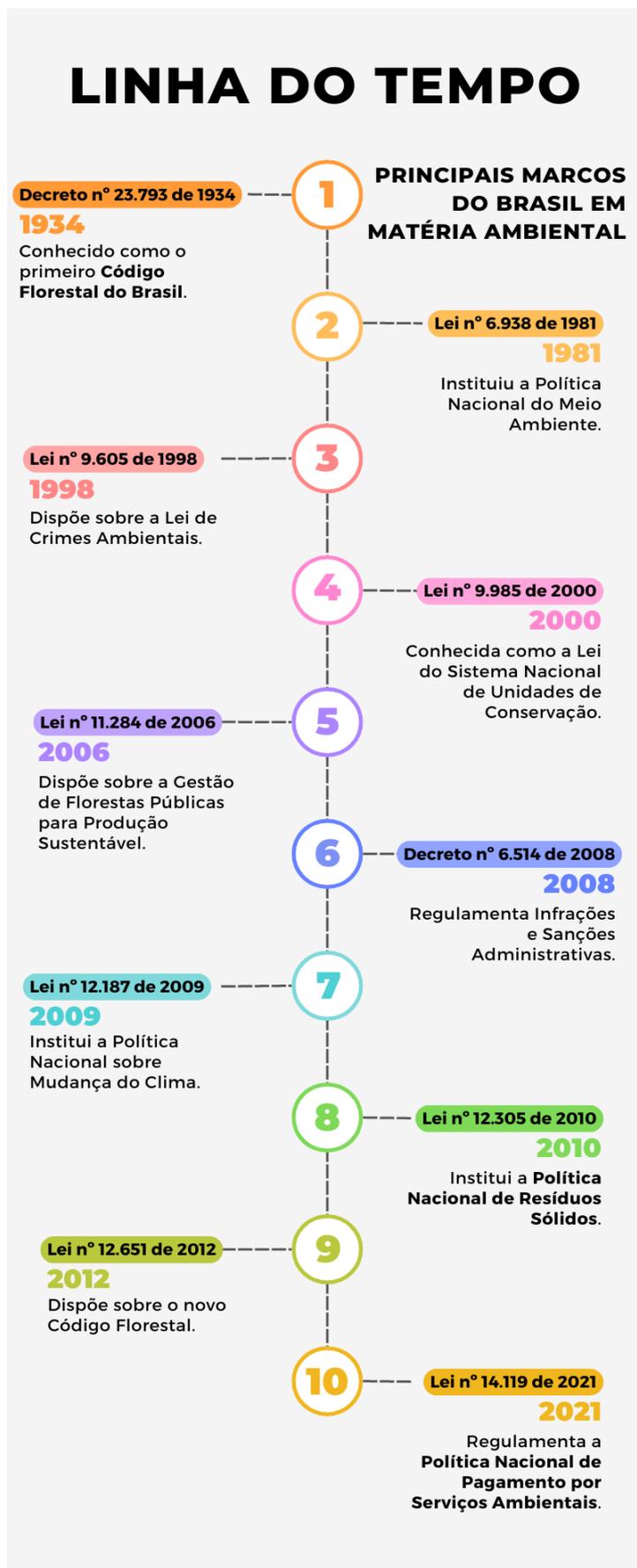


Figura 1. Principais marcos do Brasil em matéria ambiental.

Embora a punição seja um componente importante, o direito inclui mecanismos de prevenção, resolução e proteção que não foram efetivamente implementados até meados do final do século XX. No entanto, essa característica – favorecer interesses econômicos em detrimento de aspectos ambientais – não é exclusiva do Brasil. Muitos países passaram por um processo semelhante em suas abordagens ambientais (Oliveira e Grotti, 2020).

Contudo, no Brasil, vale ressaltar que, a promulgação da Lei nº 12.305, em 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e a Lei nº 14.119, de 2021, que regulamenta a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, marcaram um ponto de inflexão no cenário brasileiro com a adoção de medidas de promoção, prevenção, incentivo e responsabilidade compartilhada. De fato, nos últimos anos, tem-se observado uma mudança de paradigma no arcabouço jurídico de muitos países, que estão se unindo sob a bandeira do desenvolvimento sustentável. Em suma, o meio ambiente vem sendo progressivamente reconhecido por todos como sujeito de direitos, com dignidade intrínseca, e não mais como objeto passivo (Trennepohl, 2022).

As leis ambientais também contribuíram significativamente para a implementação de tecnologias e processos sustentáveis. Leis ambientais limitam as emissões de gases poluentes, o uso de recursos naturais e o descarte de resíduos, forçando as empresas a buscar soluções ecologicamente corretas, como tecnologias de energia renovável, reciclagem e reutilização de recursos, e processos mais eficientes e limpos, com menor impacto ambiental. Além disso, vale a pena mencionar que, alguns países oferecem incentivos fiscais e subsídios para o desenvolvimento e implementação de tecnologias e processos sustentáveis, o que incentiva as empresas a investirem em pesquisa, desenvolvimento e inovação para cumprir com as regulamentações (Peng *et al.*, 2021).

2.1. Direito ambiental internacional

O direito ambiental internacional pode ser traduzido em um conjunto de normas, tratados, princípios e acordos que criam direitos e deveres sob uma perspectiva ambiental para atores internacionais - o que não inclui apenas os

Estados. É uma área que busca coordenar ações entre Estados, ou seja, países, para tratar de questões ambientais que transcendem seus territórios e exigem cooperação internacional. O direito ambiental internacional considera que problemas relacionados ao meio ambiente, como mudanças climáticas e aquecimento global, são transfronteiriços. Portanto, no nível internacional, o direito ambiental abrange acordos ambientais mundiais que abordam questões globais (Guerra, 2007).

O ponto de partida para o direito ambiental internacional foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como Conferência de Estocolmo, em 1972. Foi um evento global focado em questões ambientais que reuniu países industrializados e em desenvolvimento. Essa conferência resultou na Declaração de Estocolmo, que estabeleceu vinte e seis princípios que abordam questões que prejudicavam o planeta e diretrizes práticas para os Estados mitigá-las. Mais tarde, passados dez anos, em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Comissão Brundtland - que culminou no relatório "Nosso Futuro Comum", publicado em 1987. Esse relatório introduziu a ideia de desenvolvimento sustentável, definido como: "Desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades".

Em 1992, foi realizada no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92 ou Cúpula da Terra. Foi também um dos marcos mais importantes na consolidação do direito ambiental internacional. Este evento resultou na "Agenda 21" e na "Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento", ambos documentos que estabeleceram um plano de ação e princípios para guiar Estados e organizações na adoção de medidas para alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável. Em 1997, foi realizada a Sessão Especial da Assembleia Geral das Nações Unidas, conhecida como Rio+5, que buscou avaliar o progresso da implementação dos acordos e compromissos firmados e as principais lacunas e obstáculos desde a Rio-92. Embora tenha sido concluído que os compromissos estabelecidos não estavam sendo adequadamente implementados devido à falta de financiamento e assistência técnica, o documento final da Rio+5 incorporou

uma declaração na qual os chefes de Estado reiteraram seu compromisso com os princípios e metas estabelecidos na Agenda 21 e na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Outro marco importante no qual o direito ambiental internacional teve suas bases firmadas foi o Protocolo de Kyoto (1997). O Protocolo de Kyoto foi um tratado internacional adotado em 1997 em Kyoto, Japão, durante a terceira Conferência das Partes (COP3) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC). Nele, pela primeira vez, estabeleceu-se limites para as emissões de gases e compromissos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Três mecanismos de mercado foram introduzidos para ajudar os países a atingirem suas metas: comércio de emissões, mecanismos de desenvolvimento limpo e implementação conjunta. O Protocolo de Kyoto também sinalizou a necessidade da transição de combustíveis fósseis para tecnologias de energia renovável.

Em 2002, a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Cúpula de Joanesburgo, marcou o décimo aniversário da Rio-92 e foi uma continuação dos esforços para promover o desenvolvimento sustentável. No documento final da Cúpula de Joanesburgo, os chefes de Estado reafirmaram seu compromisso com o desenvolvimento sustentável. O Acordo de Paris, adotado em 2015 durante a 21ª Conferência das Partes da UNFCCC (COP21), foi um dos mais recentes e significativos esforços globais no direito ambiental internacional para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Ele consolidou um compromisso global para limitar o aumento da temperatura média global. Um dos mecanismos do Acordo de Paris são as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), onde cada país deve apresentar e atualizar seus compromissos para reduzir as emissões de gases poluentes e combater as mudanças climáticas. O Acordo de Paris também mobilizou recursos financeiros para apoiar os países em desenvolvimento. Este tratado estabeleceu uma estrutura global inclusiva, flexível e ambiciosa para enfrentar as mudanças climáticas e o aquecimento global. Ainda, em 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Nova York, EUA, foi estabelecida a “Agenda 2030”, que incluiu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Figura 2. Principais marcos internacionais em matéria ambiental.

Por fim, esses eventos são alguns dos marcos mais importantes das últimas décadas que contribuíram para a consolidação do direito ambiental internacional (Figura 2). O direito ambiental internacional se consolidou diante da percepção de que questões ambientais, como as mudanças climáticas, não podem ser resolvidas por um único país. A ação precisa ser global e coordenada. Assim, o direito ambiental internacional teve suas raízes em 1972 e evoluiu, sendo influenciado por eventos globais e pela necessidade de enfrentar a crise climática por meio da cooperação multilateral e transfronteiriça.

3. Tecnologias e processos sustentáveis

Está claro hoje como as tecnologias e processos convencionais negligenciaram as considerações ambientais e, em última análise, sociais. Nos últimos anos, os setores industriais testemunharam uma mudança de paradigma, impulsionada pela demanda por sustentabilidade e avanços tecnológicos que buscam atender a essa demanda. As mudanças climáticas e o aquecimento global surgiram como fatores-chave nessa transformação. Tecnologias que não promovem um equilíbrio entre crescimento econômico, proteção ambiental e bem-estar social estão perdendo terreno para inovações alinhadas às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Pessoa, 2024).

A inovação tem desempenhado um papel fundamental na criação e aprimoramento de tecnologias e processos sustentáveis, como energia renovável, eficiência energética, transporte sustentável, técnicas de agricultura sustentável, técnicas de construção sustentável com design bioclimático, e reciclagem de materiais (Abraham, 2017; Neves *et al.*, 2022). O desenvolvimento de tecnologias solares e eólicas impulsionou a transição de fontes de energia fósseis, como carvão e gás natural, para fontes renováveis e limpas. As tecnologias de células solares, em particular, estão se tornando competitivas e acessíveis. A eficiência energética em eletrodomésticos, iluminação LED, sistemas de aquecimento e resfriamento está tornando-os uma opção mais sustentável para residências e empresas. Veículos elétricos movidos a eletricidade renovável e limpa são exemplos vividos de uma tecnologia mais sustentável com potencial para reduzir significativamente as emissões do

transporte e a dependência de combustíveis fósseis. A agricultura de precisão voltada para a otimização do uso de recursos está ajudando a reduzir o impacto ambiental da produção de commodities agrícolas. Tecnologias para o tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos estão avançando para minimizar o impacto ambiental desses poluentes e transformá-los em um recurso valioso que pode ser revalorizado por meio da implementação de abordagens circulares. Um exemplo disso é o uso de águas residuais e gases de exaustão para produzir produtos de valor agregado a partir do cultivo de microalgas (Dias *et al.*, 2022).

Em resumo, essas tecnologias, do mosaico de tecnologias e processos projetados para fornecer benefícios econômicos, ambientais e sociais de longo prazo, estão ajudando a promover o desenvolvimento sustentável. Entretanto, apesar do potencial apresentado por algumas inovações, é digno de nota que, desafios permanecem, exigindo investimento contínuo em PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação), políticas públicas de apoio e colaboração entre governos e empresas.

3.1. Avaliação do ciclo de vida ambiental (ACV-A)

A capacidade regenerativa do planeta, ou seja, sua capacidade de reposição dos recursos naturais frente ao consumo humano, está sendo excedida. Em 2024, o Earth Overshoot Day – data do ano em que a humanidade excede a capacidade regenerativa da Terra – ocorreu em 1º de agosto. Esta data indica que seriam necessários 1,7 planetas para atender à demanda atual das pessoas por recursos naturais. Claro que a humanidade sempre demandará recursos naturais, mas é possível criar um saldo positivo se for estabelecida uma harmonia com a natureza, onde apenas os recursos que o planeta pode regenerar sejam consumidos (Gills e Morgan, 2022). Em suma, nas últimas décadas, com base em vários relatórios sobre mudanças climáticas, as preocupações ambientais se intensificaram, o que resultou e ainda resulta em acordos, convenções e leis que buscam discutir e minimizar os efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente. Esta preocupação crescente também catalisou o desenvolvimento do que hoje é conhecido como Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A) (Figura 3) (Jacob-Lopes *et al.*, 2021).



Figura 3. Fases da avaliação do ciclo de vida e delimitação dos limites do sistema. Adaptado de Jacob-Lopes *et al.* (2021).

ACV-A é uma ferramenta que analisa e avalia os impactos ambientais causados em decorrência da produção e utilização de uma determinada tecnologia, processo ou serviço. Mais especificamente, é uma metodologia que avalia o ciclo de vida. O ciclo de vida de um produto, por exemplo, abrange desde a extração de matérias-primas até seu uso e descarte e como ele é revalorizado. As avaliações do ciclo de vida podem ser completas (considerando todos os estágios do ciclo de vida) ou parciais (considerando fases específicas do ciclo de vida). Existem quatro abordagens principais para a avaliação do ciclo de vida: (i) do berço ao túmulo, (ii) do berço ao portão, (iii) do portão ao portão e (iv) do berço ao berço. As avaliações do ciclo de vida do berço ao túmulo consideram todo o ciclo de vida. As avaliações do berço ao portão e do portão ao portão são avaliações parciais do ciclo de vida. Por último, as avaliações do berço ao berço consideram todo o ciclo de vida com subprodutos e resíduos sendo revalorizados

(modelo circular) (Colley *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2022; Backes *et al.*, 2023; Vauche *et al.*, 2024).

A ACV-A é uma metodologia valiosa para identificar pontos críticos que podem fomentar uma tomada de decisão mais assertiva e ecointeligente. Essa metodologia é regida pela International Organization for Standardization (ISO) 14040 e 14044 – normas internacionais – que estabelecem os princípios, requisitos e diretrizes para a ACV-A para garantir sua consistência e a comparabilidade dos estudos. Em suma, a ACV-A compreende quatro fases principais: (i) definição do objetivo e escopo, (ii) análise de inventário, (iii) avaliação de impacto ambiental e (iv) interpretação dos resultados (ISO, 1997; IOFS, 2006; Muralikrishna *et al.*, 2017).

Dê nota, qualquer tecnologia, processo de produção, ou serviço pode afetar o meio ambiente de diferentes formas. A ACV-A considera uma ampla gama de impactos ambientais, como emissões de gases de efeito estufa, emissões de substâncias que destroem a camada de ozônio, emissões de substâncias radioativas e acidificantes e substâncias tóxicas para os seres humanos. Os fluxos de energia e materiais envolvidos no ciclo de vida de tecnologias, processos, ou serviços são medidos e relacionados a vários indicadores de impacto ambiental. Alguns desses indicadores de impacto ambiental são aquecimento global (i), depleção do ozônio estratosférico (ii), radiação ionizante (iii), formação de ozônio – saúde humana (iv), formação de partículas finas (v), formação de ozônio – ecossistemas terrestres (vi), acidificação terrestre (vii), eutrofização da água doce (viii), ecotoxicidade terrestre (ix), ecotoxicidade da água doce (x), ecotoxicidade marinha (xi), toxicidade carcinogênica humana (xii), toxicidade não carcinogênica humana (xiii), escassez de recursos minerais (xiv), escassez de recursos fósseis (xv), uso da terra (xvi) e consumo de água (xvii). Ao final da ACV-A é possível mapear os pontos críticos e as oportunidades de melhoria. Além disso, vale inferir que a ACV-A é uma metodologia multidisciplinar e multicritério, pois abrange diversas áreas do conhecimento e se dedica a muitas categorias de impacto de uma só vez (Depra *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2023).

Por fim, esta ferramenta – ACV-A – está se tornando cada vez mais indispensável. Ela fornece uma base sólida para entender os impactos

ambientais, especialmente de novas tecnologias e processos, que frequentemente surgem como uma alternativa mais sustentável. A criação de alternativas deve, quando comparadas às suas contrapartes, minimizar os danos ao meio ambiente e promover o uso eficiente dos recursos naturais, garantindo que os benefícios ambientais superem qualquer dano potencial (Guinée e Heijungs, 2024).

4. Legitimidade: aprovação social e participação pública

A legitimidade de tecnologias e processos sustentáveis está ligada ao reconhecimento e aceitação por diferentes atores (órgãos reguladores, comunidade científica, empresas, consumidores e sociedade civil) de que essas inovações e práticas oferecem benefícios ambientais, sociais e econômicos. A aprovação social e a participação pública ajudam a criar credibilidade e confiança e aumentam as chances de sucesso de tecnologias e processos disruptivos. A aprovação social pode ser definida aqui como o reconhecimento e o apoio à adoção de tecnologias e processos que promovam a sustentabilidade. Esse conceito envolve a percepção do público sobre os aspectos positivos e negativos de tecnologias e processos desenvolvidos para serem mais sustentáveis, confiáveis e ambientalmente benignos. Dê nota, soluções emergentes que propõem substituir uma tecnologia ou processo já estabelecido muitas vezes enfrentam resistência quando não abordam preocupações contemporâneas ou não são devidamente compreendidas (Wu e Lin, 2016; Van de Poel, 2016).

Em suma, sem respaldo, mesmo as soluções mais promissoras podem sucumbir às barreiras institucionais, à escassez de recursos financeiros e à rejeição prematura, antes mesmo de se consolidarem como provas de conceito tangíveis. Nesse sentido, o diálogo transparente entre desenvolvedores, formuladores de políticas e sociedade civil é crucial para construir confiança e credibilidade, o que, por sua vez, facilita a legitimidade e a implementação de tecnologias e processos mais sustentáveis. O diálogo aberto e honesto com envolvimento eficaz da comunidade permite que dúvidas sejam esclarecidas e expectativas sejam alinhadas, e quando a sociedade sente que suas vozes são ouvidas, a resistência diminui e a implementação dessas inovações se torna mais factível (Jijelava e Vanclay, 2017).

Em simultâneo, a participação pública desempenha um papel fundamental na promoção da legitimidade de tecnologias e processos inventivos e disruptivos. A participação pública garante que indivíduos e comunidades tenham voz na implementação de tecnologias e processos que afetam a qualidade do meio ambiente. Também promove maior conscientização e compreensão das novas soluções propostas. Envolver a sociedade civil em processos de consulta sobre tecnologias e processos mais sustentáveis melhora a aceitação dessas soluções e incentiva o desenvolvimento de inovações alinhadas com demandas e valores coletivos. Quando o feedback público é integrado ao desenvolvimento de novas tecnologias ou processos, um ambiente de cocriação é criado, onde estes são moldados não apenas por critérios técnicos e econômicos, mas também por interesses e preocupações sociais. A participação pública aumenta a transparência e promove confiança e legitimidade em tecnologias e processos inovadores (Klüver e Einsiedel, 2005; Silva, 2020).

Assim, vale destacar que tecnologias e processos sustentáveis visam atingir um equilíbrio entre a demanda por produtos e serviços e a proteção da qualidade do meio ambiente. A aprovação social e a participação pública são uma parte importante do quebra-cabeça para que essas tecnologias e processos sejam legitimados socialmente e atendam às necessidades contemporâneas, sendo implementados de forma inclusiva e equitativa para contribuir para um desenvolvimento verdadeiramente sustentável. Quando a sociedade civil se envolve na implementação de tecnologias e processos mais sustentáveis, as soluções propostas ganham confiança e credibilidade. Esse envolvimento também contribui para a educação e conscientização sobre os benefícios ambientais dessas soluções. Além disso, é digno de nota que a participação pública resulta na diversidade de opiniões e experiências que enriquecem os processos de tomada de decisão e permitem a identificação de riscos ou oportunidades não percebidos por especialistas técnicos. Isso pode levar à resolução de problemas e à busca de soluções colaborativas. Ainda, cabe mencionar que, envolver a comunidade também exige que os processos de desenvolvimento sejam mais transparentes, fortalecendo a responsabilização dos atores envolvidos e o alinhamento das soluções propostas com os Objetivos

do Desenvolvimento Sustentável (Klüver e Einsiedel, 2005; Jijelava e Vanclay, 2017).

4.1. Natura cosméticos S.A.

A Natura é uma empresa brasileira de cosméticos. Ela é apresentada aqui como um exemplo de muitas empresas que estão atentas às forças de mercado que se movem em prol da sustentabilidade. A Natura tem sido reconhecida pela transparência em relação às suas práticas que buscam minimizar o impacto ambiental e promover o uso eficiente dos recursos naturais e de tecnologias verdes. Recentemente, a pesquisa “Sustainability Leaders 2024” da consultoria GlobeScan a reconheceu como uma empresa líder em sustentabilidade – a única empresa brasileira entre as mais sustentáveis do mundo (Natura, 2024a). Alguns destaques que legitimam essa conquista são o comprometimento da empresa com a proteção do clima e a redução de resíduos (Natura, 2024b). A Natura é carbono neutra desde 2007. As emissões de gases poluentes relacionadas ao ciclo de vida dos produtos, ou seja, fabricação, transporte e armazenamento, são controladas e analisadas para serem reduzidas ao máximo, e as emissões restantes são sistematicamente compensadas por ações de reflorestamento. Desde 1983, a empresa também oferece refis para alguns de seus produtos, o que além de ser mais econômico para a empresa e para os consumidores, reduz significativamente o lixo plástico (Natura, 2023). Essa iniciativa, simples à primeira vista, evita que mais de duas mil toneladas de resíduos plásticos poluam oceanos, rios e solos a cada ano. Isso é importante considerando que o Brasil é o 4º país do mundo que mais gera resíduos plásticos e o 16º país que mais polui os oceanos. Outra iniciativa da empresa é o uso de plástico verde gerado a partir de fontes renováveis como a cana-de-açúcar. Essa tecnologia tem sido cada vez mais adotada nas embalagens dos produtos da empresa. A empresa também utiliza plásticos reciclados produzidos a partir de resíduos coletados no litoral brasileiro. Segundo estimativas da empresa, aproximadamente 102 toneladas de plástico são reutilizadas em embalagens dos produtos da Natura no período de um ano (Natura, 2022).

5. Conclusão

O direito ambiental nos níveis nacional e internacional desempenha um papel fundamental no incentivo, orientação e, muitas vezes, na obrigatoriedade legal da adoção de práticas sustentáveis. Nos últimos anos, por várias razões, tecnologias e processos mais sustentáveis foram desenvolvidos em resposta à crescente atenção ao esgotamento dos recursos naturais e às mudanças climáticas. A preocupação das empresas sobre restrições futuras — como resposta aos desafios globais — e a capacidade de continuar operando de forma sustentável também impulsionaram a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em tecnologias e processos disruptivos. Em suma, esta é uma preocupação real e crescente, sendo notável o papel da aprovação social e da participação pública na legitimidade destas novas soluções que ganham confiança e credibilidade para serem implementadas com sucesso e com o apoio da sociedade.

6. Agradecimento

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código Financeiro 001.

7. Referências

ABRAHAM, Martin. **Encyclopedia of sustainable technologies**. Elsevier, 2017.

AMADO, Frederico. **Direito ambiental**. Salvador: Juspodium, 2017.

ASSMANN, Suelem Martini; DE MELO, Fabiano Rodrigues. As correntes ambientalistas por trás da lei nº 12.651/2012 do novo Código Florestal. **Geografia, Ensino e Pesquisa, Goiânia**, v. 20, n. 2, p. 176-184, 2016.

BACKES, Jana Gerta *et al.* Comparative Cradle-to-Grave Carbon Footprint of a CFRP-Grid Reinforced Concrete Façade Panel. **Sustainability**, 15 (15), 11548.

BATTAGLIN, Bettina Augusta Amorim Bulzico. **Direito ambiental**. Editora Intersaberes, 2021.

BOMBERG, Elizabeth. Global climate action: A political stocktake. **Political Insight**, v. 14, n. 4, p. 31-33, 2023.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólidos.

CARONTI, Raphael de Abreu Senna. Fundamentos filosóficos e constitucionais do direito ambiental. **Revista do Direito Público**, v. 15, n. 3, p. 238-239, 2020.

CHASEK, Pamela. The legacies of the Stockholm Conference. **International Institute for Sustainable Development**. v. 13, p. 2022, 2022.

CHEN, Quanwei *et al.* Investigating carbon footprint and carbon reduction potential using a cradle-to-cradle LCA approach on lithium-ion batteries for electric vehicles in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 369, p. 133342, 2022.

COLLEY, Tracey A. *et al.* Using a gate-to-gate LCA to apply circular economy principles to a food processing SME. **Journal of cleaner production**, v. 251, p. 119566, 2020.

DA SILVA, Alice Rocha; MELLO, Júlia Santa Anna. Viabilidade de políticas públicas no sistema nacional das unidades de conservação da natureza-SNUC (lei nº 9.985/2000). **Revista Processus de Políticas Públicas e Desenvolvimento Social**, v. 1, n. 2, p. 71-107, 2019.

DA SILVA, Diana Suzete Nunes; BORGES, Luís Antônio Coimbra; DA SILVA, Geiziana das Dores Nunes. Gestão sustentável das florestas públicas no Brasil (LEI 11.284/06). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 5, 2012.

DEPRA, Mariany C. *et al.* Environmental impacts on commercial microalgae-based products: Sustainability metrics and indicators. **Algal Research**, v. 51, p. 102056, 2020.

DIAS, Rosangela Rodrigues *et al.* Integrating solar cell technologies in microalgae facilities: Environmental sustainability metrics and indicators. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 58, p. 103362, 2023.

DIAS, Rosangela Rodrigues *et al.* Roadmap to net-zero carbon emissions in commercial microalgae-based products: environmental sustainability and carbon offset costs. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, n. 3, p. 1255-1268, 2022.

EARTH OVERSHOOT DAY. 2024. <https://overshoot.footprintnetwork.org/> (acessado em 18 de setembro de 2024).

FERREIRA, Eduardo de Campos. O processo administrativo de apuração de infrações ambientais—o decreto nº 6.514/2008. 2011.

GILLS, Barry; MORGAN, Jamie. Global climate emergency: After COP24, climate science, urgency, and the threat to humanity. In: **Economics and climate emergency**. Routledge, 2022. p. 253-270.

GUERRA, Sidney Cesar Silva. Direito internacional ambiental: breve reflexão. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 2, 2007.

GUINÉE, Jeroen; HEIJUNGS, Reinout. Introduction to life cycle assessment. In: **Sustainable supply chains: a research-based textbook on operations and strategy**. Cham: Springer International Publishing, 2024. p. 15-48.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 14040**: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework. 1997.

IOFS, ISO. ISO 14040 — Environmental management — life cycle assessment —principles and framework. 2006.

JACOB-LOPES, Eduardo; ZEPKA, Leila Queiroz; DEPRÁ, Mariany Costa. **Sustainability metrics and indicators of environmental impact**: industrial and agricultural life cycle assessment. Elsevier, 2021.

JIJELAVA, David; VANCLAY, Frank. Legitimacy, credibility and trust as the key components of a social licence to operate: An analysis of BP's projects in Georgia. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1077-1086, 2017.

JOOS, Lena. 'Only One Earth': Environmental Perceptions and Policies before the Stockholm Conference, 1968–1972. **Journal of Global History**, v. 18, n. 2, p. 281-303, 2023.

KIM, Rae Yule. The fifth wave: The sustainability age and new industrial revolution. **IEEE Engineering Management Review**. 2024.

KLÜVER, Lars; EINSIEDEL, Edna F. Participação pública em Ciência e Tecnologia: influenciar nas decisões e, sobretudo, manter a sociedade informada e engajada. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 12, p. 473-482, 2005.

MAJA, Mengistu M.; AYANO, Samuel F. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. **Earth Systems and Environment**, v. 5, n. 2, p. 271-283, 2021.

MASCARETTI JUNIOR, Paulo Dimas Debellis. A política nacional de pagamento por serviços ambientais: uma análise da Lei 14.119 de 2021 como forma de incentivo à conservação dos recursos naturais e da biodiversidade no Brasil. 2023.

MEYER, Craig A. Taking lessons from silent spring: Using environmental literature for climate change. **Literature**, v. 1, n. 1, p. 2-13, 2021.

MURALIKRISHNA, Iyyanki V.; MANICKAM, Valli. Life Cycle Assessment. In: MURALIKRISHNA, Iyyanki V.; MANICKAM, Valli. **Environmental Management: Science and Engineering for Industry**; Elsevier: Cambridge, MA, USA, p. 57-75. 2017.

NATURA. Como Kaiak diminui o impacto ambiental do descarte inadequado de plástico. 2022. <https://www.natura.com.br/blog/sustentabilidade/embalagem-de-kaiak-oceano-contem-plastico-retirado-do-litoral-brasileiro> (acessado em 18 de setembro de 2024).

NATURA. Dia Mundial do Meio Ambiente: conheça nosso compromisso com o planeta. 2023. <https://www.natura.com.br/blog/sustentabilidade/dia-do-meio-ambiente> (acessado em 18 de setembro de 2024).

NATURA. Natura, única brasileira entre as mais sustentáveis do mundo. 2024a. <https://www.natura.com.br/blog/sustentabilidade/natura-unica-brasileira-entre-as-mais-sustentaveis-do-mundo> (acessado em 18 de setembro de 2024).

NATURA. Nossos compromissos. 2024b. https://www.naturabrasil.fr/pt-pt/os-nossos-valores/sustentabilidade?srsId=AfmBOorgbEzNUTUxt3bV3emStylAyois1ZAdUacNdcU9f811MgFYAMN_ (acessado em 18 de setembro de 2024).

NEVES, Catarina; OLIVEIRA, Tiago André Gonçalves Félix de; SANTINI, Fernando Oliveira. Sustainable technologies adoption research: A weight and meta-analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 165, p. 112627, 2022.

OLIVEIRA, José Roberto Pimenta; GROTTI, Dinorá Adelaide Musetti. Direito administrativo sancionador brasileiro: breve evolução, identidade, abrangência e funcionalidades. **Interesse Público**, Belo Horizonte, v. 22, p. 83-126, 2020.

PENG, Hui *et al.* Can environmental regulation directly promote green innovation behavior? — based on situation of industrial agglomeration. **Journal of Cleaner Production**, v. 314, p. 128044, 2021.

PESSOA, Pablo Ryan Gomes. Análise da evolução histórica e conceitual dos objetivos do desenvolvimento sustentável: rumo a um futuro equilibrado. 2024.

ROSSI, Amélia do Carmo Sampaio; KOZICKI, Katya; MENDONÇA, Ygor de Siqueira Mendes. A ética ecológica e o giro ecodecolonial: rumo à ecologização do Direito Ambiental. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 18, n. 42, 2021.

SILVA, Aline Silveira. A participação social no processo de incorporação de tecnologias em saúde no Brasil. 2020.

SILVA, Erian Coelho Da; PERSCH, Hudson Carlos Avancini. A. Crimes ambientais: as responsabilidades e a aplicação da lei nº 9.605/98 no estado de Rondônia. 2023.

SOUSA, Marcelo Bruno Bedoni de; SILVA, José Irivaldo Alves de Oliveira; FARIAS, Talden Queiroz. A balança e o termômetro: finalidades e características de um direito ambiental em tempos de mudança climática. 2023.

TRENNEPOHL, Terence. **Manual de direito ambiental**. Saraiva Educação SA. 2022.

VAN DE POEL, Ibo. A coherentist view on the relation between social acceptance and moral acceptability of technology. **Philosophy of technology after the empirical turn**, p. 177-193, 2016.

VAUCHE, Laura *et al.* Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment (LCA) of GaN Power Semiconductor Device. **Sustainability**, v. 16, n. 2, p. 901, 2024.

WU, Po-Hsuan; LIN, Chieh-Pengin. Learning to foresee the effects of social identity complexity and need for social approval on technology brand loyalty. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 111, p. 188-197, 2016.

Autor

Rosangela Rodrigues Dias, Mariany Costa Deprá, Darissa Alves Dutra, Adriane Terezinha Schneider, Richard Luan Silva Machado, Victor Cesar Rodrigues Carvalho, Leila Queiroz Zepka, Eduardo Jacob-Lopes

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Avenida Roraima 1000, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.