

Artigos Científicos

A responsabilidade civil decorrente de danos causados pelos veículos autônomos: desafios jurídicos e propostas para o ordenamento brasileiro

Civil liability arising from damages caused by autonomous vehicles:
legal challenges and proposals for the Brazilian legal system

José Geraldo Romanello Bueno¹ , Isabelle de Quintal¹ 
Mayara Ferraz Fonseca¹ 

¹ Universidade Presbiteriana Mackenzie , Campinas, SP, Brasil

RESUMO

A presente pesquisa aborda a problemática da responsabilidade civil decorrente de danos causados por veículos autônomos no contexto jurídico brasileiro. O estudo foca na análise dos desafios impostos pela automação veicular ao sistema tradicional de responsabilização civil, considerando a multiplicidade de agentes envolvidos na cadeia produtiva e operacional desses veículos. O objetivo geral é examinar como a legislação brasileira atual se aplica aos acidentes envolvendo veículos autônomos e analisar seus reflexos no sistema de justiça, propondo estratégias normativas com ênfase na proteção das vítimas e na distribuição equitativa de responsabilidades. A metodologia adotada é de natureza qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental da legislação nacional e internacional. A pesquisa conclui que a ausência de diretrizes normativas específicas contribui para a insegurança jurídica, e que o fortalecimento de mecanismos de responsabilização objetiva, aliado à criação de sistema híbrido que contemple fabricantes, proprietários e seguradoras, é imperioso para a construção de um ambiente jurídico mais adequado e protetivo às vítimas.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Responsabilidade civil; Veículos autônomos

ABSTRACT

This research addresses the problem of civil liability arising from damages caused by autonomous vehicles within the Brazilian legal context. The study analyzes the challenges imposed by vehicle automation on the traditional civil liability system, considering the multiplicity of agents involved in the production and operational chains of these vehicles. The main objective is to examine how current Brazilian legislation applies to accidents involving autonomous vehicles and to analyze the implications

for the justice system, proposing regulatory strategies that emphasize victim protection and the equitable distribution of liability. A qualitative methodology is employed, based on a literature review and an analysis of national and international legislation. The research concludes that the lack of specific regulatory guidelines contributes to legal uncertainty, and that strengthening strict liability mechanisms, combined with the creation of a hybrid system involving manufacturers, owners and insurers, is essential for establishing a more adequate and protective legal environment for victims.

Keywords:: Artificial intelligence; Civil liability; Autonomous vehicles

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la responsabilidad civil derivada de daños causados por vehículos autónomos en el contexto jurídico brasileño. El estudio analiza los desafíos impuestos por la automatización vehicular al sistema tradicional de responsabilización civil, considerando la multiplicidad de agentes involucrados en la cadena productiva y operacional de estos vehículos. El objetivo general es examinar cómo la legislación brasileña actual se aplica a los accidentes que involucran vehículos autónomos, analizando sus reflejos en el sistema de justicia y proponiendo estrategias normativas con énfasis en la protección de las víctimas y en la distribución equitativa de responsabilidades. La metodología adoptada es de naturaleza cualitativa, basada en una revisión bibliográfica exhaustiva y análisis documental de la legislación nacional e internacional. La investigación concluye que la ausencia de directrices normativas específicas contribuye a la inseguridad jurídica, y que el fortalecimiento de mecanismos de responsabilización objetiva, aliado a la creación de un sistema híbrido que contemple fabricantes, propietarios y aseguradoras, es imperioso para la construcción de un ambiente jurídico más adecuado y protector de las víctimas.

Palabras-Clave: Inteligencia artificial; Responsabilidad civil; Vehículos autónomos

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda a problemática da responsabilidade civil decorrente de danos causados por veículos autônomos, tecnologia que representa uma das inovações mais disruptivas da última década no campo da mobilidade urbana e do transporte rodoviário.

Embora a circulação de veículos totalmente autônomos (níveis 4 e 5) ainda não seja realidade massiva no Brasil, observa-se crescente inserção de tecnologias de automação veicular no mercado nacional, especialmente por meio de sistemas avançados de assistência ao condutor (níveis 2 e 3), já comercializados por montadoras como Tesla, BMW, Mercedes-Benz e Volvo.

Além disso, a própria tramitação do Projeto de Lei nº 1.317/2023, que visa estabelecer diretrizes para circulação e testes de veículos autônomos em território nacional, evidencia que o tema já ingressou na agenda legislativa brasileira. Assim, o

Brasil é mercado potencial para adoção gradual dessa tecnologia, ainda que o país figure entre os menos preparados em termos regulatórios e estruturais. Esse cenário evidencia a relevância preventiva do debate jurídico, uma vez que a consolidação normativa tende a ocorrer após a consolidação tecnológica, e não o contrário.

Esse cenário não é meramente prospectivo. A inserção da automação veicular no Brasil já apresenta contornos regulatórios concretos: o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) submeteu à consulta pública minuta de resolução que prevê a obrigatoriedade dos Sistemas Avançados de Assistência ao Condutor (ADAS), estágio tecnológico imediatamente anterior à plena autonomia, com destaque para o sistema automático de frenagem de emergência (AEBS) e o alerta de saída de faixa, para novos projetos de veículos a partir de 2026 e para toda a produção nacional e importada a partir de 1º de janeiro de 2029 (BRASIL, 2022).

Para viabilizar essa transição, as principais montadoras instaladas no Brasil já investem R\$ 44 milhões em infraestrutura tecnológica nacional voltada à nacionalização desses sistemas. Trata-se, portanto, de uma tendência em curso e não de especulação futurista, o que torna premente o debate jurídico sobre o regime de responsabilidade civil aplicável antes que a consolidação normativa seja superada pela realidade tecnológica.

O estudo foca, em especial, na análise dos desafios jurídicos impostos pela crescente autonomia desses veículos ao sistema tradicional de responsabilização civil, que historicamente se fundamenta na conduta humana como elemento central da imputação de responsabilidade.

Em uma perspectiva sociotécnica, o tema revela-se premente dada a crescente presença da Inteligência Artificial (IA) na condução de veículos, com destaque para os riscos inerentes à tomada de decisões autônomas em situações de trânsito complexas, que podem resultar em danos materiais, corporais e morais a terceiros.

A importância do debate é igualmente sustentada pelo marco constitucional da proteção da dignidade da pessoa humana, consagrado no artigo 1º, inciso III, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988), bem como pelo

direito fundamental à reparação de danos previsto no artigo 5º, incisos V e X, que reafirmam o dever estatal de garantir a adequada proteção às vítimas de acidentes e a responsabilização dos agentes causadores de danos.

O objetivo geral deste estudo é examinar de que forma a legislação brasileira atual se aplica aos acidentes envolvendo veículos autônomos, analisando seus reflexos no sistema de justiça à luz da efetividade do Direito do Consumidor, e propondo possíveis estratégias normativas de enfrentamento, com particular ênfase na responsabilidade objetiva e na proteção integral das vítimas.

Como objetivos específicos, busca-se: (i) conceituar os veículos autônomos e seus diferentes níveis de automação conforme classificação internacional; (ii) analisar o atual panorama legislativo brasileiro, identificando as limitações do Código de Trânsito Brasileiro e do Código Civil frente aos desafios da automação veicular; (iii) examinar os fundamentos da responsabilidade civil subjetiva e objetiva aplicáveis ao contexto dos veículos autônomos; (iv) identificar os múltiplos agentes potencialmente responsáveis (proprietário, fabricante, desenvolvedor de *software*, Estado) e os critérios de imputação aplicáveis a cada um; (v) analisar experiências internacionais de regulamentação, com destaque para Alemanha, Reino Unido e União Europeia; e (vi) apresentar reflexões sobre possíveis caminhos prático-normativos que assegurem a centralidade da vítima e a distribuição equitativa de responsabilidades na era dos veículos autônomos.

A metodologia adotada é de natureza qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica exaustiva da doutrina nacional e internacional sobre responsabilidade civil, direito do consumidor e tecnologias disruptivas, bem como análise documental da legislação brasileira (Código Civil, Código de Defesa do Consumidor e Código de Trânsito Brasileiro) e de legislações estrangeiras sobre veículos autônomos.

Parte-se da hipótese de que a ausência de diretrizes normativas específicas sobre veículos autônomos no ordenamento jurídico brasileiro contribui para a insegurança jurídica tanto para as vítimas quanto para os fabricantes e proprietários,

dificultando a adequada responsabilização dos agentes e comprometendo a efetividade das medidas reparatórias.

Empresas como Google, Tesla Motors, BMW e Apple têm investido massivamente no desenvolvimento dessa tecnologia. A Tesla Motors, por exemplo, já comercializa veículos com funções avançadas de piloto automático, capazes de conduzir o carro sem intervenção humana em vias sinalizadas, mudar de faixa automaticamente, estacionar sozinho e ajustar a velocidade conforme as condições do tráfego. De acordo com Schwab (2016, p. 238), a expectativa é que estes veículos sejam mais eficientes e seguros do que os carros com condutores humanos, reduzindo significativamente os acidentes causados por erro humano, que correspondem a mais de 90% do total, segundo dados do Observatório Nacional de Segurança Viária.

No entanto, apesar das promessas de maior segurança, casos concretos já demonstram que os sistemas de IA ainda possuem limitações. Conforme levantamentos do jornal Infomoney, em 2018, no Arizona, um veículo autônomo da Uber atropelou e matou uma pedestre, suscitando debates globais sobre responsabilidade. Em 2021, nas Paralimpíadas de Tóquio, um veículo autônomo da Toyota atropelou um atleta paralímpico, evidenciando falhas na identificação de pedestres com mobilidade reduzida, consoante trazido pela CNN Brasil. No Brasil, em 2021, um motorista foi flagrado dormindo enquanto seu Tesla trafegava autonomamente em rodovia paulista, informação trazida pelo jornal Olhar Digital, expondo o risco real dessas tecnologias no contexto nacional.

Do ponto de vista da engenharia de *software*, a teoria da computação confirma que não há garantia de que um programa possa estar completamente isento de defeitos (Weber, [s.d.]). Mesmo com testes exaustivos, alguns erros permanecerão latentes e podem se manifestar em situações específicas. Além disso, alguns erros surgem posteriormente porque o ambiente em que os sistemas estão inseridos se altera ao longo do tempo, impondo condições de operação jamais antecipadas pelos desenvolvedores. Essa imprevisibilidade técnica agrava o desafio jurídico da distribuição adequada de responsabilidades.

Um estudo conduzido pela KPMG em 2020 revelou que o Brasil é um dos países menos preparados para a recepção de veículos autônomos, ocupando a última posição entre 30 países analisados no Índice de Prontidão para Veículos Autônomos, considerando parâmetros como aceitação do consumidor, cenário de tecnologia e inovação, infraestrutura e questões políticas e legislativas. Apesar disso, já existem veículos autônomos em circulação no território nacional sem qualquer regulamentação específica, criando um vácuo normativo preocupante.

Diante das presumíveis lacunas normativas sobre o tema, propõe-se uma reflexão sobre a imperiosa necessidade de criação de legislação específica que contemple a responsabilidade civil objetiva como regra geral para acidentes envolvendo veículos autônomos, estabelecendo um sistema híbrido que distribua adequadamente as responsabilidades entre proprietários, fabricantes e desenvolvedores de *software*. Ademais, defende-se a obrigatoriedade de sistemas de registro de dados (como uma espécie de "caixa preta") para possibilitar a investigação técnica de acidentes e a adequada distribuição de responsabilidades, bem como a criação de modalidades específicas de seguro obrigatório que contemplem as peculiaridades dos veículos autônomos.

Em síntese, o presente estudo contribui para o debate sociotécnico contemporâneo ao sublinhar a urgência no alinhamento do desenvolvimento tecnológico com a efetiva proteção das vítimas de acidentes. Ao promover uma análise integrada entre inovação tecnológica, experiências internacionais de regulamentação e aprimoramento normativo do ordenamento brasileiro, esta pesquisa delineia possíveis percursos para a construção de um ambiente jurídico mais sensível e responsivo aos desafios impostos pelos veículos autônomos, reafirmando o compromisso inabalável com a dignidade humana, a segurança jurídica e a efetiva reparação de danos às vítimas.

2 PANORAMA JURÍDICO DA ADOÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS NO BRASIL

2.1 Contexto internacional e nacional

Nos Estados Unidos, estados como Califórnia e Nevada já regulamentam o tráfego de veículos autoguiados desde 2012, estabelecendo requisitos técnicos para testes e uso em vias públicas, incluindo presença de condutor habilitado durante testes e obrigatoriedade de seguros específicos. A experiência norte-americana demonstra a viabilidade de coexistência entre veículos autônomos e tradicionais, desde que adequadamente regulamentada.

No Brasil, porém, a situação é substancialmente diferente. A legislação brasileira atual não contempla a possibilidade de circulação de carros sem motoristas, criando um vácuo normativo preocupante diante da iminente chegada massiva dessa tecnologia ao país. O Código de Trânsito Brasileiro (CTB - Lei 9.503/1997) foi concebido em contexto histórico em que a condução de veículos era necessariamente humana, não prevendo situações em que sistemas automatizados assumam integralmente o controle da direção.

2.2 O Código de Trânsito Brasileiro e suas limitações

O Código de Trânsito Brasileiro estabelece diversos crimes que pressupõem a existência de um condutor humano, tais como homicídio culposo na direção de veículo automotor (art. 302), lesão corporal culposa (art. 303), omissão de socorro (art. 304) e direção sob influência de álcool (art. 306). Todos esses tipos penais fundamentam-se na conduta humana, seja dolosa ou culposa (negligência, imprudência ou imperícia), tornando problemática sua aplicação direta aos veículos autônomos.

Particularmente relevante é o artigo 28 do CTB, que determina ao condutor o dever de manter o domínio de seu veículo a todo tempo, dirigindo-o com atenção e cuidados indispensáveis à segurança do trânsito. Esse dispositivo, em interpretação restritiva, poderia vedar a circulação de carros autônomos no atual contexto normativo,

uma vez que pressupõe a presença constante e atenta de um condutor humano no comando do veículo.

A lógica da responsabilização penal e civil no CTB fundamenta-se integralmente na conduta humana como elemento central da imputação de responsabilidade. Essa estrutura conceitual torna-se inadequada quando confrontada com sistemas automatizados que tomam decisões de forma autônoma, sem intervenção direta de um operador humano. Nesse sentido, a própria existência de proposições legislativas específicas aponta para a insuficiência do ordenamento atual.

O Projeto de Lei nº 1.317/2023, em tramitação na Câmara dos Deputados, propõe alterar a Lei nº 9.503/1997 (o CTB) para incluir dispositivos que regulamentem os veículos terrestres autônomos, definindo, entre outras coisas, o conceito de veículo autônomo, as condições de circulação, os requisitos técnicos a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran) e regras de responsabilização em casos de acidentes ou infrações. A proposição já recebeu parecer favorável na Comissão de Viação e Transportes e segue em análise nas comissões competentes, demonstrando que o tema deixou de ser mera abstração normativa e integra o debate legislativo brasileiro.

Surge, assim, a necessidade premente de reforma legislativa que contemple as especificidades dos veículos autônomos, seja por meio da aprovação do referido projeto, seja mediante outra iniciativa normativa que supere as lacunas do CTB, especialmente no que tange à responsabilização adequada dos diferentes agentes envolvidos (fabricantes, programadores, proprietários e possivelmente operadores humanos remotos).

2.3 Níveis de automação veicular e suas implicações jurídicas

De acordo com a classificação estabelecida pela *SAE International (Society of Automotive Engineers)*, os tipos de automação veicular variam do nível 0 ao nível 5, cada qual apresentando implicações jurídicas distintas quanto à responsabilização em caso de acidentes.

No nível 0 (sem automação), o motorista possui controle completo e ininterrupto das funções do veículo, mantendo-se aplicável integralmente o regime tradicional de responsabilidade civil subjetiva. O nível 1 (assistência ao condutor) caracteriza-se pela presença de automação em uma ou mais funções básicas, como o controle de velocidade de cruzeiro (*cruise control*) ou manutenção de faixa (*lane control*), mas o condutor humano permanece responsável pela operação geral do veículo.

O nível 2 (automação parcial) representa um estágio em que o veículo pode assumir múltiplas funções de controle simultaneamente, tornando-se semiautônomo, mas ainda exigindo a presença vigilante de um condutor pronto para intervir. Neste nível, a responsabilidade tende a permanecer primordialmente com o condutor humano, embora possam surgir discussões sobre eventual responsabilidade concorrente do fabricante em caso de defeitos nos sistemas de assistência.

O nível 3 (automação condicional) representa transição significativa, pois o veículo adquire relativa autonomia, tendo capacidade de responder a situações que exigem resposta imediata, como desvios ou frenagens de emergência. Todavia, o sistema ainda pode solicitar ao condutor humano que assuma o controle em determinadas circunstâncias. Neste nível, surgem os primeiros desafios significativos de responsabilização, pois torna-se necessário determinar se eventual acidente decorreu de falha do sistema autônomo ou de falha do condutor humano em reassumir o controle quando solicitado.

O nível 4 (alta automação) caracteriza-se pela capacidade de o veículo circular sem intervenção de condutor humano, embora limitado a localizações e trajetos predeterminados ou condições ambientais específicas. Neste estágio, a responsabilidade tende a deslocar-se significativamente do proprietário/usuário para o fabricante do sistema, uma vez que o veículo opera de forma substancialmente autônoma.

Finalmente, o nível 5 (automação completa) representa o estágio em que o veículo possui capacidade de desempenhar integralmente as tarefas de direção dinâmica, sob todas as condições de pista e ambientais que poderiam ser

gerenciadas por um condutor humano, eliminando completamente a necessidade de intervenção humana.

Crescentes níveis de automação garantem, em tese, maior segurança no trânsito. Dados do Observatório Nacional de Segurança Viária apontam que mais de 90% dos acidentes de trânsito são causados por falha humana e apenas 5% decorrem de falhas mecânicas. Estudos demonstram que carros fabricados com tecnologia de nível 1 de automação são capazes de reduzir o dano ou evitar o acidente em 18% do total de ocorrências com vítimas e em 34% daqueles com vítimas fatais. Esses dados reforçam o potencial dos veículos autônomos para redução significativa da mortalidade no trânsito.

2.4 Responsabilidade civil e a lacuna legislativa

Há necessidade imperiosa de criação de legislação específica, ou reforma da legislação existente, para tratar dos aspectos jurídicos da responsabilização nos casos decorrentes do uso dessas novas tecnologias, adequando o ordenamento nacional às peculiaridades trazidas pelo inevitável avanço do progresso tecnológico. Inobstante a existência de Projeto de Lei em trâmite perante o Congresso Nacional, como mencionado acima, é patente a necessidade de que a legislação seja específica ao tratar sobre a responsabilidade civil sob a ótica ora proposta.

A regulamentação deve abordar diversos aspectos essenciais. Primeiramente, deve estabelecer requisitos técnicos de segurança, definindo padrões mínimos obrigatórios que os veículos autônomos devem atender para circular em vias públicas, incluindo redundância de sistemas críticos, capacidade de registro de dados similar à caixa preta de aeronaves, e protocolos rigorosos de segurança cibernética para prevenir invasões e manipulações maliciosas.

Ademais, é fundamental definir com clareza a classificação dos níveis de autonomia aplicável ao contexto brasileiro, esclarecendo os diferentes graus de automação veicular e as responsabilidades específicas associadas a cada nível. A regulamentação também precisa determinar os requisitos para habilitação e treinamento, estabelecendo-se

quando será necessária habilitação específica para operar veículos autônomos, especialmente em modelos que permitam intervenção humana.

Outro aspecto crucial é a criação de procedimentos para registro e certificação, incluindo testes de segurança obrigatórios, homologação dos sistemas de inteligência artificial antes da comercialização, e inspeções periódicas para verificação da manutenção adequada dos sistemas. Por fim, deve estabelecer regras claras e objetivas sobre responsabilidade civil e seguro obrigatório, criando modalidades específicas de seguro para veículos autônomos que contemplem tanto falhas tecnológicas quanto eventuais falhas de intervenção humana.

3 A RESPONSABILIDADE CIVIL NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO

3.1 Conceito e fundamentos constitucionais

A responsabilidade civil constitui o dever jurídico de reparar o dano causado a outrem em decorrência de uma conduta antijurídica. No ordenamento brasileiro, encontra sólido fundamento constitucional no princípio da dignidade da pessoa humana (art. 1º, III, CF/88), que constitui fundamento da República, e no direito à reparação de danos materiais e morais (art. 5º, V e X, CF/88), que integra o rol de direitos fundamentais.

O Código Civil de 2002 disciplina minuciosamente a responsabilidade civil nos artigos 186 a 188 e 927 a 954, estabelecendo que “aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito” (art. 186, CC). A Responsabilidade Civil integra o direito obrigacional, tendo em vista que a consequência da prática de um ato ilícito é a geração da obrigação de reparação do dano causado. A própria legislação civil estabelece, ainda que implicitamente, dois tipos de responsabilização: a objetiva e a subjetiva; se diferem quanto à (im)prescindibilidade de análise do elemento subjetivo de culpa *lato sensu* (culpa ou dolo).

3.2 Responsabilidade subjetiva: elementos e aplicação

A responsabilidade subjetiva constitui a regra geral no ordenamento brasileiro, pressupondo análise da culpa do agente na modalidade dolosa (quando há intenção de causar o resultado) ou culposa (quando há negligência, imprudência ou imperícia). Para sua configuração, exige-se a presença cumulativa de quatro elementos essenciais.

O primeiro elemento é a conduta humana, que pode consistir em ação ou omissão. A conduta pode ser realizada por ato próprio do agente, ou por ato de terceiros sob sua responsabilidade, como nos casos previstos no art. 932 do Código Civil, bem como pelos danos causados por coisas e animais que lhe pertençam.

O segundo elemento é a presença de culpa ou dolo. O dolo consiste na violação deliberada e intencional de dever jurídico, enquanto a culpa *stricto sensu* caracteriza-se pela imprudência (falta de cuidado ou diligência), negligência (ausência de diligência cumulada com omissão) ou imperícia (ausência de qualificação técnica ou treinamento para desempenhar determinada função) (Tartuce, 2021, p. 284).

O terceiro elemento consiste na existência de dano, seja ele material (lesão patrimonial), moral (lesão a direitos da personalidade) ou estético (lesão à integridade física com repercussão estética).

Por fim, o quarto elemento é o nexo causal, que representa a relação de causalidade entre a conduta praticada pelo agente e o dano experienciado pela vítima. Pode ser entendido como a relação de causa e efeito entre a conduta e o dano verificado. Se o dano ocorreu, mas sua causa não é consequência da conduta praticada pelo agente, inexistente o dever de indenizar.

3.3 Responsabilidade subjetiva: elementos e aplicação

A responsabilidade objetiva, por sua vez, independe da comprovação de culpa, bastando demonstrar a existência de dano e o nexo causal entre a conduta e o resultado danoso. O Código Civil prevê expressamente essa modalidade em seu artigo 927, parágrafo único, estabelecendo que “haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade

normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem”.

Dessa forma, não importa a culpa ou dolo do agente no cometimento do dano para que se configure o dever de indenizar, bastando a existência de nexo causal entre a conduta e o resultado danoso. Essa modalidade fundamenta-se na teoria do risco, segundo a qual aquele que exerce atividade geradora de risco deve responder pelos danos dela decorrentes, independentemente de culpa. Esta teoria defende que toda pessoa que exerce alguma atividade cria um risco de dano para terceiros e, caso o dano seja concretizado, deve ser obrigada a repará-lo independentemente da existência de culpa.

As modalidades de risco podem ser classificadas em diversas subdivisões. A teoria do risco criado aplica-se aos casos em que o agente cria o risco pela sua atividade. A teoria do risco administrativo é adotada nos casos de responsabilidade objetiva do Estado. A teoria do risco da atividade ou risco profissional incide quando a atividade profissional desenvolvida cria risco a terceiros. A teoria do risco-proveito aplica-se nas situações em que o risco decorre de uma atividade lucrativa, partindo do princípio de que quem aufera lucros deve suportar os riscos. Por fim, a teoria do risco integral é aplicável excepcionalmente quando não se admite qualquer excludente de nexo de causalidade ou responsabilidade civil (Tartuce, 2021, p. 284).

3.4 Aspectos técnicos: defeitos em sistemas de inteligência artificial

Do ponto de vista da engenharia de *software*, é fundamental compreender que o desenvolvimento de *software*, incluindo aqueles embarcados em veículos autônomos, é balizado por uma área de conhecimento da computação denominada engenharia de *software*.

Trata-se de uma disciplina da engenharia preocupada com todos os aspectos da produção de programas de computador, desde o estágio mais inicial da especificação do sistema até sua manutenção contínua (Devmedia, 2011). Tal como qualquer engenharia, busca obter resultados com qualidade determinada dentro de

cronograma e orçamento estabelecidos, minimizando falhas e defeitos. Assim, o processo de engenharia minimiza significativamente falhas e defeitos em seus produtos, mas não garante por completo a isenção total desses problemas.

A teoria da computação, estudada no âmbito da engenharia de *software*, confirma que não há nenhuma garantia de que um programa de computador possa estar completamente isento de defeitos (Devmedia, 2026). A complexidade combinatória é tal que não há como o ser humano avaliar todas as possibilidades geradas pelo número de variáveis e a quantidade de linhas de código de um programa de computador moderno. Mesmo com testes repetitivos e exaustivos, ainda restarão erros latentes que irão, incidentalmente, causar problemas em situações específicas. Obviamente, se todos os erros forem detectados durante os testes, então eles poderão ser corrigidos. No entanto, o reparo destes erros implica modificar e desenvolver novos trechos de código, o que pode levar o programa a apresentar novos defeitos, impondo uma problemática que se apresenta recursivamente e sem fim.

Além disso, alguns erros não são causados durante o projeto e desenvolvimento do *software*, mas surgem posteriormente porque o ecossistema em que os sistemas estão inseridos se altera substancialmente ao longo do tempo, impondo novas condições de trabalho que jamais poderão ser completamente antecipadas pelos desenvolvedores. A única forma de tratar essa avaliação combinatoriamente exponencial seria utilizar programas automatizados de verificação de erros, o que apresenta uma problemática recursiva e sem fim, já que alguém precisaria verificar a inexistência de defeitos no próprio programa verificador de defeitos.

O nível de complexidade dos produtos de *software*, em especial aqueles relacionados com inteligência artificial e *machine learning*, exige do consumidor um conhecimento técnico que está muito além das habilidades e formação do cidadão médio. Assim, é fato que o consumidor pode ler as explicações e notificações técnicas fornecidas pelo fabricante, mas não consegue decodificá-las adequadamente nem apreendê-las em sua integridade, configurando situação de vulnerabilidade técnica que justifica proteção legal especial.

3.4 A responsabilidade civil nas relações de consumo

O Código de Defesa do Consumidor (CDC - Lei 8.078/1990) representa marco histórico na mudança de paradigma da responsabilidade civil brasileira, introduzindo a responsabilidade objetiva do fornecedor por vícios ou defeitos de produtos e serviços. Segundo o art. 12 do CDC

O fabricante, o produtor, o construtor e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.

A responsabilidade pelo fato do produto (trazida pelo artigo 12 do CDC) distingue-se do simples vício de qualidade ou quantidade (abarcado pela disposição do artigo 18 do CDC). Enquanto o vício compromete a adequação econômica do bem, o defeito, conforme aceção do art. 12, §1º, pressupõe que o produto não ofereça a segurança que legitimamente se espera, consideradas sua apresentação, o uso razoavelmente previsível e a época de sua colocação no mercado. O núcleo da análise desloca-se, portanto, da conduta subjetiva do fornecedor para a legítima expectativa de segurança do consumidor.

No contexto dos veículos autônomos, essa distinção revela-se especialmente relevante. O sistema de inteligência artificial embarcado integra o produto como elemento essencial de seu funcionamento. Assim, falhas algorítmicas, erros de reconhecimento de obstáculos, inadequada leitura de dados ambientais ou decisões automatizadas incompatíveis com padrões razoáveis de segurança podem configurar defeito de projeto, ainda que o fabricante tenha observado protocolos técnicos de desenvolvimento.

Além disso, a complexidade técnica dos sistemas de automação reforça a condição de vulnerabilidade do consumidor (art. 4º, I, CDC), especialmente sob o aspecto técnico-informacional, como mencionado anteriormente. O usuário médio não possui capacidade real de compreender a arquitetura algorítmica, os critérios de decisão do sistema ou as limitações operacionais da tecnologia, nem mesmo

capacidade crítica para compreender de forma aprofundada as orientações de uso que acompanham o bem.

Outro ponto sensível reside na delimitação das excludentes de responsabilidade previstas no art. 12, §3º. A alegação de inexistência de defeito ou de culpa exclusiva do consumidor pode encontrar obstáculos quando se tratar de decisões automatizadas imprevisíveis decorrentes da própria arquitetura do sistema. Nesses casos, eventual imprevisibilidade técnica deve ser enquadrada como fortuito interno, risco inerente à atividade empresarial, não sendo apta a afastar a responsabilidade objetiva do fornecedor.

Essa responsabilidade objetiva é de fundamental importância para a análise da responsabilidade civil por danos causados por veículos autônomos, especialmente quando o acidente decorre de defeito no sistema de automação. O regime consumerista permite que a vítima não seja onerada com a complexa tarefa de demonstrar culpa do fabricante, concentrando a análise na existência do defeito e no nexo causal entre o sistema de automação e o dano experimentado.

A responsabilidade pelo fato do produto, disciplinada no art. 12 do CDC, terá como fato gerador um defeito do produto e não mais a conduta culposa do fornecedor, tampouco a existência de relação jurídica contratual. Nesse sentido, os acidentes de consumo se materializam por meio da repercussão externa do defeito do produto, atingindo a incolumidade físico-psíquica do consumidor e o seu patrimônio, causando-lhe dano material ou moral, ou ambos simultaneamente.

Nesse sentido, Miragem (2016, p. 568-569) esclarece que a proteção do consumidor contra riscos dos produtos e serviços introduzidos no mercado “tem seu fundamento no reconhecimento da existência de interesses legítimos de que estes produtos e serviços sejam seguros”, destacando que “a proteção da confiança legítima dos consumidores, sistematizada no CDC, é o fundamento da responsabilidade civil de consumo”. O autor ainda aponta que o fundamento essencial do regime de responsabilidade objetiva do fornecedor é a teoria do risco-proveito, segundo a qual responde pelos riscos de danos causados por atividades

aquele que delas obtém vantagem econômica (Miragem, 2016, p. 572). Oliveira (2024, p. 249-252) corrobora esse entendimento, enfatizando que a responsabilidade civil objetiva do fornecedor no CDC representa um dos avanços mais expressivos do sistema protetivo brasileiro, afastando a necessidade de comprovação de culpa e concentrando a análise na existência do defeito e no nexo causal entre o produto ou serviço e o dano sofrido pelo consumidor.

Na mesma linha, Benjamin, Marques e Bessa destacam que o fundamento da responsabilidade civil do fornecedor no CDC deixa de ser a relação contratual ou o fato ilícito para se materializar em função da existência de um vínculo jurídico de consumo – tratamento unitário que supõe a superação da dicotomia clássica entre responsabilidade contratual e extracontratual. Os autores sublinham ainda que o sistema adotado pelo CDC, alicerçado na teoria do risco de empresa, impede que o fornecedor se exonere sob o argumento de ausência de culpa, inclusive quanto a riscos de desenvolvimento que sequer eram conhecidos à época da colocação do produto em circulação (Benjamin; Marques; Bessa, 2021).

4 DESAFIOS ESPECÍFICOS DA RESPONSABILIZAÇÃO POR VEÍCULOS AUTÔNOMOS

4.1 Identificação dos múltiplos agentes responsáveis

A cadeia de produção e operação de veículos autônomos envolve múltiplos agentes com diferentes graus de controle e contribuição para o funcionamento do sistema. Inicialmente, há o fabricante do veículo, responsável pela integração de todos os componentes e pela comercialização do produto final. Em seguida, há o desenvolvedor do *software* de inteligência artificial, que pode ser a própria montadora ou empresa terceirizada especializada em tecnologia. Assim, o fornecedor de *hardware* (sensores, câmeras, sistemas LIDAR) produz os componentes físicos essenciais para a percepção do ambiente. Logo, tem empresas de mapeamento digital que fornecem dados cartográficos essenciais para a navegação. Partindo disso, há o proprietário do

veículo, que decide quando e como utilizar os sistemas autônomos. Por fim, potencialmente o próprio usuário, quando há possibilidade de intervenção manual.

Determinar qual desses agentes deve responder primária ou subsidiariamente por um acidente específico constitui desafio significativo, especialmente considerando que o sistema de inteligência artificial pode tomar decisões autônomas não completamente previstas pelos programadores, a interação complexa entre *hardware* e *software* pode dificultar substancialmente a identificação precisa da causa raiz do problema, e há impossibilidade prática de prever todas as situações possíveis que podem ocorrer no trânsito real.

4.2 Responsabilidade do proprietário pela teoria do risco criado

O proprietário do veículo autônomo pode ser responsabilizado primordialmente com base na teoria do risco criado, já que ao adquirir e colocar em circulação um veículo autônomo, cria deliberadamente uma situação de risco para terceiros, ainda que esse risco seja potencialmente menor do que aquele criado por veículos convencionais. Tal teoria parte do pressuposto de que a potencialidade de ocasionar danos, a atividade ou conduta do agente que resulta, por si só, na exposição a um perigo (Senado Federal, 2026).

Mantém-se, assim, a lógica da responsabilidade objetiva do proprietário pela circulação do veículo, aplicando-se analogicamente às normas vigentes do sistema tradicional de responsabilidade civil por acidentes de trânsito.

Um dos principais argumentos para imputar a responsabilidade objetiva ao proprietário é o fato da criação voluntária do risco. O Superior Tribunal de Justiça (STJ), REsp 577.902/DF já enquadrava a atividade automobilística convencional como atividade essencialmente fundada no risco, dada a frequência e gravidade dos danos que pode causar. Quando o proprietário opta por utilizar-se do sistema de direção autônoma, estando ou não fisicamente presente no veículo, cria-se um risco social ao delegar ao sistema de inteligência artificial a função de conduzir o veículo, de forma análoga ao risco criado quando um veículo automotor convencional é emprestado a um terceiro.

Outro possível fundamento para justificar a imputação da responsabilidade objetiva do proprietário é a aplicação analógica da regra do art. 936 do Código Civil, que reconhece a responsabilidade objetiva do dono ou detentor do animal que cause acidentes. O argumento que pode justificar a adoção desta analogia reside na aparente similaridade entre a imprevisibilidade dos animais e a imprevisibilidade inerente aos sistemas de inteligência artificial, ambos capazes de comportamentos não integralmente previsíveis *ex ante*.

Poder-se-ia argumentar também pela aplicação da teoria do risco-proveito. Nesta perspectiva, considera-se que o proprietário está desfrutando de vantagem econômica ou pessoal com a utilização do sistema autônomo, qual seja a maior disponibilidade produtiva ou ociosa do condutor ou do proprietário durante o deslocamento, uma vez que não precisará dispor atenção contínua para o ato de dirigir, podendo dedicar-se a outras atividades, ou até mesmo utilizando o veículo autônomo para fins econômicos como transporte remunerado de passageiros ou mercadorias.

4.3 Responsabilidade do fabricante por defeito do produto

O fabricante responde objetivamente por defeitos no sistema de automação conforme o Código de Defesa do Consumidor, independentemente de culpa, nos termos do art. 12, *caput*. Essa responsabilidade pode decorrer de três modalidades principais de defeito. Primeiramente, defeitos de projeto, que consistem em falhas na concepção do sistema de inteligência artificial, erros nos algoritmos de tomada de decisão, ou inadequação do design para as condições reais de uso. Em segundo lugar, defeitos de fabricação, que representam problemas na produção dos componentes físicos, falhas na integração entre *hardware* e *software*, ou controle de qualidade insuficiente. Terceiro, defeitos de informação, caracterizados por instruções inadequadas sobre uso correto e limitações do sistema, omissão sobre riscos conhecidos, ou ausência de alertas claros sobre situações em que o sistema não deve ser ativado, considerando, também, a inaptidão técnica do consumidor em compreender adequadamente tais instruções.

Na ocorrência de acidentes em que não haja pessoa no veículo, bem como nas situações em que ocorreram por falha do sistema que o condutor não pôde razoavelmente conter, existe a possibilidade concreta da responsabilização direta do fornecedor. Isto porque o Código de Defesa do Consumidor prevê, em seu art. 12, a responsabilização do fornecedor em razão de danos causados pelo fato do produto, independentemente de culpa.

A definição de fornecedor apresentada no art. 3º do CDC pode ser entendida como abrangendo toda a cadeia ampla de fornecimento do produto. No caso de carros autônomos, pode-se elencar a montadora do veículo, o desenvolvedor da tecnologia de IA, o fabricante do *hardware*, o fornecedor de atualizações de *software* e ainda outros eventuais sujeitos que integrem a cadeia de fornecimento. Nos defeitos decorrentes do fato do produto, a responsabilidade direta do comerciante fica excluída, podendo, contudo, ser responsabilizado subsidiariamente nos termos do art. 13 do Código de Defesa do Consumidor.

A doutrina consumerista é convergente nesse ponto. Miragem (2016, p. 574-575) destaca que a responsabilização do fabricante ocorre “quando constatados defeitos que comprometem a segurança do produto”, abrangendo os denominados defeitos de fabricação, de projeto e de advertência. O autor esclarece ainda que o conceito de defeito é fixado a partir da segurança que o consumidor legitimamente espera do produto, nos termos do art. 12, §1º, do CDC (MIRAGEM, 2016, p. 580-581). Oliveira (2024, p. 269-277) reitera que a responsabilidade pelo fato do produto no CDC funda-se objetivamente no defeito e no nexo causal com o dano, dispensando a análise da culpa do fabricante e contemplando todos os integrantes da cadeia produtiva de forma solidária.

Benjamin, Marques e Bessa reforçam esse entendimento ao esclarecer que o CDC busca delimitar a noção de defeito partindo da carência de segurança: “o produto é defeituoso quando não oferece a segurança que dele legitimamente se espera, levando-se em consideração as circunstâncias relevantes” (art. 12, § 1.º). O elemento central para a construção do conceito de defeito é, portanto, a carência de segurança

– e não a conduta culposa do fornecedor –, o que desloca o eixo da análise da diligência empregada na produção para a expectativa legítima de segurança do consumidor. Essa construção dogmática aplica-se integralmente aos sistemas de inteligência artificial embarcados em veículos autônomos, cujas falhas algorítmicas devem ser analisadas à luz da segurança razoavelmente esperada pelo consumidor, e não do grau de diligência do fabricante (Benjamin; Marques; Bessa, 2021).

4.4 Dilema ético e programação de decisões

Um desafio absolutamente singular dos veículos autônomos reside no fato de que os programadores devem, antecipadamente, definir como o veículo deve agir em situações de inevitável dilema ético. Por exemplo, em situação inevitável de colisão, o veículo deve proteger primordialmente seus ocupantes ou deve buscar minimizar o dano total, mesmo que isso signifique maior risco aos passageiros?

Um caso hipotético amplamente debatido na literatura especializada (LIN, 2013) envolveria um veículo autônomo deparando-se com o dilema de atingir um motociclista sem capacete ou outro utilizando adequadamente a proteção. Pode um programador decidir racionalmente o que é melhor quando uma colisão é inevitável, fazendo com que o sistema direcione o veículo para atingir um ao invés do outro? Se um programador toma tal decisão e projeta o *software* para implementar essa escolha, ele poderia, em tese, responder civilmente pelos danos causados ao motociclista efetivamente atingido, já que essa pessoa teria sofrido dano decorrente da operação do *software* especificamente desenvolvido para o veículo?

Essas decisões de programação têm implicações jurídicas diretas e profundas na responsabilidade civil, levantando questões fundamentais. Primeiramente, quem decide legitimamente os critérios éticos da programação: os engenheiros, os fabricantes, os governos, ou a sociedade através de debate público? Segundo, essa decisão deve ser regulamentada por lei ou deixada à discricionariedade dos fabricantes? Terceiro, o usuário deve ser informado clara e completamente sobre os critérios éticos adotados antes da aquisição? Quarto, a escolha de determinado

critério ético, ainda que tecnicamente defensável, pode configurar defeito de projeto sob a perspectiva jurídica?

Acrescenta-se que tais indagações, embora recorrentes na literatura especializada e no debate internacional sobre inteligência artificial, ainda não encontram solução normativa consolidada no ordenamento jurídico brasileiro. Trata-se de discussões que tangenciam o núcleo da responsabilidade civil, especialmente no que se refere à caracterização do defeito de projeto e à aferição da segurança legitimamente esperada do produto, mas que permanecem abertas sob o ponto de vista legislativo.

A ausência de parâmetros legais claros quanto aos critérios éticos de programação transfere ao Poder Judiciário a tarefa de resolver conflitos morais complexos caso a caso, sem diretrizes previamente estabelecidas pelo legislador. Tal cenário amplia a insegurança jurídica, tanto para as vítimas quanto para fabricantes e desenvolvedores, e evidencia que o debate sobre veículos autônomos ultrapassa a esfera técnica, exigindo definição normativa expressa acerca dos limites, responsabilidades e deveres de transparência envolvidos na tomada de decisões automatizadas.

Justamente por não estarem solucionadas essas questões estruturais, reforça-se a necessidade de regulamentação específica que estabeleça critérios objetivos para programação, mecanismos de auditoria e padrões mínimos de transparência algorítmica, evitando que escolhas éticas de elevada complexidade permaneçam exclusivamente sob a discricionariedade privada dos fabricantes.

4.5 Responsabilidade diferenciada por nível de autonomia

A determinação do regime de responsabilização deve considerar cuidadosamente o nível específico de autonomia do veículo envolvido no acidente. Em veículos de nível 3 (automação condicional), a responsabilidade subjetiva ainda pode ser aplicável, com possibilidade de caracterização de culpa *in vigilando* quando o condutor não assume o controle após notificação expressa do sistema, ou culpa

in eligendo quando ativa o sistema em condições manifestamente inadequadas para seu funcionamento. Nesse nível, o condutor humano permanece como figura central na cadeia de responsabilização e sua responsabilidade é avaliada conforme o caso concreto.

Em veículos de níveis 4 e 5 (alta automação e automação completa), aplica-se prioritariamente responsabilidade objetiva do proprietário pela teoria do risco criado, bem como responsabilidade objetiva e solidária do fornecedor por eventual defeito do produto. Há, nesses casos, maior dificuldade prática em traçar a fronteira precisa entre danos que resultam de erro residual humano e aqueles que são devidos exclusivamente ao próprio algoritmo de IA, conferindo maior relevância à responsabilidade do fornecedor.

4.6 Excludentes de responsabilidade e seguro obrigatório

Eventos imprevisíveis e inevitáveis, como desastres naturais súbitos (inundações repentinas, terremotos, queda de meteoritos), poderiam excluir a responsabilidade por caso fortuito ou força maior externa. Quando o acidente é causado exclusivamente por terceiro (outro veículo, pedestre agindo intencionalmente etc.), mantém-se a responsabilidade deste terceiro, não se atribuindo responsabilidade ao veículo autônomo ou seu proprietário, desde que comprovada a exclusividade da causa.

A culpa exclusiva da vítima ocorre quando sua conduta é a causa direta, imediata e determinante do evento danoso, não havendo qualquer defeito no produto como fato ensejador da ocorrência, e inexistindo, por conseguinte, o nexo causal entre a atividade do veículo e o dano. Exemplos claros são as modificações não autorizadas feitas em veículos por seus proprietários, que assumem deliberadamente o risco de um perigo ao modificar o produto.

Importante distinção jurídica deve ser feita entre fortuito interno e externo. O fortuito interno, aquele que tem relação intrínseca com o negócio desenvolvido, não exime a responsabilidade do fornecedor. Nesse contexto, mesmo que a imprevisibilidade parcial dos sistemas de inteligência artificial não seja considerada

propriamente um defeito técnico, decisões equivocadas do sistema que causem dano deverão ser juridicamente encaradas como casos de fortuito interno, mantendo-se a responsabilidade objetiva do fornecedor. Por outro lado, o fortuito externo, completamente alheio à atividade empresarial (como desastres naturais genuinamente imprevisíveis), poderá afastar o nexo causal e, conseqüentemente, a obrigação de indenizar.

Essa distinção é amplamente reconhecida pela doutrina. Miragem (2016, p. 612-613) observa que, “atualmente, sobretudo em face da responsabilidade pelo risco, responsabilidade objetiva, nos moldes do regime estabelecido pelo CDC, doutrina e jurisprudência vêm estabelecendo outra distinção, no que se refere ao caso fortuito capaz de excluir a responsabilidade do agente”, sendo esta a diferenciação entre o caso fortuito interno e o caso fortuito externo. O autor aponta que o fortuito interno é aquele que, por sua relação com a atividade do fornecedor, não afasta o dever de indenizar, citando, como exemplo paradigmático, a Súmula 479 do STJ, que reconhece a responsabilidade objetiva das instituições financeiras pelos danos decorrentes de fraudes e delitos praticados por terceiros no âmbito de operações bancárias (MIRAGEM, 2016, p. 614-615). Oliveira (2024, p. 277-283) reitera que as excludentes de responsabilidade pelo fato do produto só se aplicam nas hipóteses taxativamente previstas no art. 12, §3º, do CDC, não se admitindo interpretação ampliada em detrimento do consumidor.

Benjamin, Marques e Bessa corroboram essa orientação ao assinalar que o caso fortuito e a força maior, embora não expressamente elencados pelo CDC entre as causas excludentes, conservam sua força liberatória no sistema consumerista, desde que se trate de fortuito externo – isto é, evento completamente alheio ao controle e à esfera de risco da atividade empresarial. O fortuito interno, por sua relação intrínseca com o negócio desenvolvido, não exonera o fornecedor, o que se aplica diretamente às falhas imprevisíveis dos sistemas de inteligência artificial embarcados em veículos autônomos: tais falhas, ainda que tecnicamente não antecipadas, constituem risco inerente à atividade de desenvolvimento e comercialização do produto, e devem ser

enquadradas como fortuito interno, mantendo-se a responsabilidade objetiva do fabricante (Benjamin; Marques; Bessa, 2021).

O sistema atual de seguro obrigatório (DPVAT - danos pessoais por veículos automotores terrestres) fundamenta-se no modelo tradicional de condução humana. Com veículos autônomos, surgem questões complexas sobre quem deve contratar o seguro (proprietário, fabricante ou ambos), como calcular adequadamente o prêmio do seguro diante da inexistência de estatísticas consolidadas sobre sinistralidade, e se deve-se criar modalidade específica de seguro que contemple as peculiaridades técnicas e jurídicas dos veículos autônomos.

A responsabilidade solidária entre proprietário e fabricante permite que a vítima acione processualmente qualquer um dos responsáveis ou ambos conjuntamente, garantindo maior celeridade na reparação do dano e não deixando a vítima desamparada enquanto se discute tecnicamente a origem precisa da falha. Essa sistemática solidária garante a efetividade do princípio da reparação integral do dano.

6 DIREITO COMPARADO E EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

6.1 União Europeia: diretrizes sobre robótica e IA

Em fevereiro de 2017, o Parlamento Europeu aprovou uma resolução histórica de n. 2015/2103 (INL) com recomendações à Comissão Europeia sobre aspectos de Direito Civil relativos à robótica (União Europeia, 2017). A resolução reconhece expressamente que, além das enormes oportunidades tecnológicas e econômicas trazidas pela robótica e inteligência artificial, é também necessário considerar cuidadosamente alguns perigos inerentes. Diante disso, são apresentadas sugestões concretas para regulação futura e uma proposta legislativa que trata de questões jurídicas relacionadas ao desenvolvimento e utilização dessas tecnologias para os próximos 10 a 15 anos.

Para o Parlamento Europeu, são necessárias regras que considerem cuidadosamente o impacto ético e social dessas novas tecnologias. Em relação à

responsabilidade civil, o relatório enfatiza que a responsabilidade jurídica da ação lesiva de um robô se torna um problema crítico, visto que sua autonomia pode ser definida como a capacidade de tomar decisões e de aplicá-las no mundo exterior, independentemente do controle ou da influência externa humana. Portanto, quanto mais autônomos são os veículos autônomos, menos podem ser encarados juridicamente como simples instrumentos passivos nas mãos de outros intervenientes humanos, como o fabricante, o proprietário e o utilizador.

Há amplo consenso na União Europeia sobre a incongruência jurídica e filosófica da atribuição de personalidade jurídica própria aos robôs. As razões para tanto vão desde o caráter essencialmente fictício dessa eventual personalidade jurídica, passando pelo potencial deslocamento do eixo humanista sobre o qual é fundada a União Europeia, até o risco concreto de diminuição do status ontológico do ser humano, que estaria sendo indevidamente nivelado, em maior ou menor grau, com uma inteligência artificial.

6.1 Alemanha: legislação pioneira de 2017

Pioneira em legislação específica sobre veículos autônomos, a Alemanha aprovou em 2017 lei federal (*Achtes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes*, BGBl. I 2017, Nr. 38) que representa marco regulatório internacional. A legislação alemã estabelece que durante a operação autônoma, o sistema automatizado é juridicamente equiparado ao motorista humano, assumindo as mesmas responsabilidades. A lei exige obrigatoriamente sistema de registro de dados (similar à caixa preta de aeronaves) capaz de gravar informações sobre quem estava no controle do veículo (sistema ou humano) no momento do acidente, permitindo investigação técnica precisa.

A legislação mantém a responsabilidade primária do proprietário do veículo, preservando a lógica tradicional, mas permite expressamente ação regressiva contra o fabricante quando comprovado defeito no sistema de automação. Além disso, estabelece seguro obrigatório específico que cobre tanto falhas humanas quanto falhas tecnológicas, garantindo proteção integral às vítimas. Este modelo alemão

equilibra adequadamente a proteção à vítima com a distribuição proporcional de responsabilidades na cadeia produtiva.

6.2 Reino Unido: *automated and electric vehicles act 2018*

O *Automated and Electric Vehicles Act 2018* do Reino Unido adota abordagem inovadora ao responsabilizar primariamente a seguradora em acidentes envolvendo veículos autônomos. Neste sistema, a seguradora pode posteriormente buscar ressarcimento do fabricante se conseguir comprovar que o acidente decorreu de defeito no sistema de automação. Este sistema híbrido protege efetivamente a vítima garantindo reparação rápida e desburocratizada, enquanto equilibra adequadamente os interesses legítimos de vítimas, proprietários e fabricantes.

A lei também prevê ação regressiva da seguradora contra o condutor nas hipóteses em que o acidente decorrer de negligência deste na manutenção ou atualização do sistema autônomo, ou de interferência indevida em seu funcionamento (seção 5, AEVA 2018). Assim, o condutor não está isento de responsabilidade de forma absoluta, mas sua exposição fica limitada a condutas omissivas ou comissivas específicas.

A vantagem principal deste modelo é a agilidade na reparação do dano à vítima, que não precisa aguardar longas investigações técnicas para determinar a causa precisa do acidente. A desvantagem potencial reside na possibilidade de elevação dos prêmios de seguro para compensar o risco adicional assumido pelas seguradoras.

6.3 Outros países: Japão, China e Estados Unidos

O Japão, tradicionalmente forte na indústria automobilística, adota abordagem cautelosa e gradual. Mantém a responsabilidade primária do proprietário conforme legislação tradicional de trânsito, mas incentiva ativamente o desenvolvimento de seguros específicos para tecnologias autônomas. Há forte foco em testes controlados e extensivos antes de ampla liberação comercial, bem como

discussão governamental sobre eventual criação de sistema misto de compensação público-privado para casos excepcionais.

A China tem avançado rapidamente na regulamentação, com múltiplas cidades-piloto autorizadas para testes extensivos de veículos autônomos. Há tendência clara a estabelecer responsabilidade legalmente compartilhada entre fabricante e operador, com forte intervenção estatal na definição detalhada de padrões técnicos obrigatórios. O sistema de licenciamento para fabricantes é particularmente rigoroso, exigindo cumprimento de extensos protocolos de segurança.

Nos Estados Unidos, a regulamentação varia significativamente entre estados federados. Califórnia, Nevada, Arizona e outros estados pioneiros estabeleceram regulamentações próprias desde 2012. Há tendência a manter responsabilidade tradicional do proprietário/operador, com possibilidade de ação contra fabricantes sob teorias de responsabilidade por produto defeituoso. A ausência de regulamentação federal única cria certa fragmentação jurídica.

6.4 Modelos comparativos de responsabilização

Podem ser identificados alguns modelos principais na experiência internacional. O modelo de responsabilidade objetiva do fabricante, adotado predominantemente na União Europeia, estabelece que o fabricante responde independentemente de culpa por danos causados, cuja vantagem principal é proteção robusta e efetiva à vítima, mas, em contrapartida, pode encarecer significativamente a tecnologia e desestimular inovação.

O modelo de responsabilidade do proprietário com ação regressiva, adotado na Alemanha, estabelece que o proprietário responde inicialmente perante a vítima, mas pode posteriormente processar o fabricante se comprovar defeito. Neste modelo, mantém-se a lógica tradicional familiar ao sistema jurídico brasileiro, o que, contudo, pode sobrecarregar injustamente proprietários que não têm controle real sobre defeitos tecnológicos.

O modelo de responsabilidade da seguradora, adotado no Reino Unido, estabelece que o seguro responde primeiro, depois busca ressarcimento do responsável real, promovendo máxima agilidade na reparação à vítima, ao passo que eleva substancialmente prêmios de seguro.

Por fim, o modelo de responsabilidade compartilhada ou corresponsabilidade, discutido em diversos países, distribui responsabilidade entre fabricante, proprietário e desenvolvedor conforme contribuição de cada um, garantindo uma distribuição mais justa de riscos, enquanto leva à complexidade probatória e processual significativa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Síntese das principais conclusões

A análise da responsabilidade civil decorrente de danos causados por veículos autônomos revela a complexidade extraordinária de um tema que desafia fundamentalmente os paradigmas tradicionais do Direito Civil e do Direito do Consumidor. A aplicação mecânica da legislação atual não contempla satisfatoriamente todas as situações, não existindo previsão normativa específica para as peculiaridades técnicas e jurídicas dos veículos autônomos.

Diferentemente dos acidentes tradicionais, nos quais o condutor humano é claramente identificável como agente responsável, nos acidentes com veículos autônomos podem ser responsabilizados, em tese, o proprietário do veículo, o fabricante da montadora, o desenvolvedor do *software* de IA, o fornecedor de *hardware*, e até mesmo o Estado, dependendo das circunstâncias específicas de cada caso concreto.

É urgente e imperioso o desenvolvimento de legislação específica, ou reforma substancial da legislação existente, para adequar o ordenamento jurídico nacional às peculiaridades trazidas pelo inevitável avanço do progresso tecnológico. Faz-se viável e recomendável a aplicação da responsabilidade civil objetiva do proprietário do veículo solidariamente com a responsabilidade da

empresa fabricante, no que se refere aos danos materiais, morais e estéticos decorrentes de acidentes provocados por veículos autônomos, fundamentada na teoria do risco criado e na proteção integral do consumidor.

A obrigatoriedade legal de sistemas de registro de dados (inspirados na "caixa preta") é absolutamente fundamental para possibilitar a investigação técnica adequada de acidentes e a distribuição proporcional e justa de responsabilidades entre os diversos agentes envolvidos. O sistema de seguros obrigatórios deve ser substancialmente adaptado para contemplar as especificidades técnicas e jurídicas dos veículos autônomos, garantindo proteção adequada e célere às vítimas e distribuição equitativa dos riscos inerentes.

7.2 Propostas concretas para o ordenamento jurídico brasileiro

Com base na análise teórica realizada e nas experiências internacionais examinadas, sugere-se reforma legislativa ampla que contemple diversos diplomas legais. No Código Civil, propõe-se a inclusão de dispositivos específicos sobre responsabilidade civil por danos causados por sistemas autônomos e inteligência artificial, estabelecendo presunção de responsabilidade objetiva fundada na teoria do risco criado e do risco-proveito.

No Código de Trânsito Brasileiro, sugere-se reforma para contemplar expressamente a existência de veículos autônomos, estabelecendo requisitos técnicos mínimos obrigatórios, classificação oficial dos níveis de autonomia aplicável ao Brasil, requisitos específicos de habilitação quando aplicável, e regras claras de responsabilização diferenciadas por nível de autonomia. No Código de Defesa do Consumidor, propõe-se esclarecimento expresso sobre a aplicação plena das normas de responsabilidade por produtos defeituosos aos sistemas de automação veicular, incluindo defeitos de projeto, fabricação e informação.

Propõe-se especificamente a adoção de modelo híbrido de responsabilização que estabeleça: (i) responsabilidade primária do proprietário/usuário para facilitar reparação rápida à vítima, mantendo a lógica consolidada do sistema tradicional; (ii)

possibilidade ampla de ação regressiva contra o fabricante quando comprovado defeito técnico no sistema de automação, com inversão do ônus da prova em favor do proprietário; (iii) responsabilidade direta do fabricante em casos de defeitos graves, sistemáticos ou reincidentes comprovados, permitindo à vítima acionar diretamente o fabricante; (iv) responsabilidade solidária expressa entre proprietário e fabricante, possibilitando que a vítima acione conjuntamente ambos os responsáveis, cabendo ao juízo distribuir proporcionalmente a responsabilidade conforme prova técnica produzida.

Quanto ao sistema de seguros obrigatórios, sugere-se criação de modalidade específica para veículos autônomos que cubra expressamente tanto falhas tecnológicas quanto eventuais falhas de intervenção humana residual, com estabelecimento de valores mínimos de cobertura substancialmente compatíveis com os riscos envolvidos, e possibilidade de criação de fundo garantidor público-privado para casos excepcionais de danos catastróficos.

É fundamental estabelecer requisitos técnicos obrigatórios incluindo sistema robusto de registro de dados (caixa preta) para investigação técnica detalhada de acidentes, protocolos rigorosos de segurança cibernética para prevenir eficazmente invasões e manipulações maliciosas, padrões mínimos de teste e certificação antes da comercialização, incluindo simulações extensivas e testes em condições reais diversificadas, e obrigatoriedade de atualizações de segurança regulares, com responsabilidade do fabricante por manter o sistema atualizado durante vida útil razoável do veículo.

CONCLUSÃO

Os atuais avanços tecnológicos e científicos trazem consigo relevantes promessas de progresso social e econômico, porém não sem desafios jurídicos significativos e polêmicas éticas. O crescimento no mercado global de carros autônomos alimenta com justificado otimismo as expectativas da sociedade em torno da perspectiva realista de redução significativa no número de acidentes e maior

segurança objetiva no trânsito, considerando que mais de 90% dos acidentes decorrem de falha humana (Organização Mundial da Saúde, 2018).

Por outro lado, no contexto atual de desenvolvimento tecnológico, os riscos inerentes à atividade ainda são latentes e reais, podendo acabar causando danos a terceiros, principalmente em razão da imprevisibilidade residual e das limitações ainda existentes dos sistemas de inteligência artificial. Um dos principais desafios práticos a ser enfrentado pelos fabricantes de veículos autônomos é o risco concreto de volumosas ações judiciais de responsabilidade civil por produtos defeituosos e recalls custosos em consequência de acidentes que resultem em danos.

Vários tipos de defeitos podem surgir em veículos autônomos, embora problemas com o *software* de comportamento autônomo sejam a principal preocupação técnica e jurídica. A negligência na adoção de procedimentos de desenvolvimento e teste suficientemente seguros pode ensejar enormes responsabilidades jurídicas no campo civil e, potencialmente, até mesmo criminal.

A responsabilidade civil, que foi uma das áreas do direito que sofreu os maiores impactos históricos decorrentes das profundas transformações sociais, políticas e econômicas do último século, deve necessariamente continuar evoluindo para acompanhar adequadamente os desafios impostos pela inteligência artificial e pelos veículos autônomos. O equilíbrio delicado entre o legítimo incentivo à inovação tecnológica benéfica e a proteção jurídica adequada das vítimas de eventuais acidentes constitui o grande desafio contemporâneo do legislador e do aplicador do direito neste novo cenário tecnológico.

A resposta jurídica adequada passará necessariamente pela criação de um sistema normativo que distribua de forma justa, proporcional e eficiente os riscos inerentes a esta revolucionária tecnologia, garantindo simultaneamente a reparação integral dos danos às vítimas e o desenvolvimento sustentável e socialmente responsável da indústria automobilística autônoma. Somente assim será possível conciliar inovação tecnológica com justiça social, progresso econômico com proteção efetiva dos direitos fundamentais, e eficiência com humanismo.

REFERÊNCIAS

ALEMANHA. **Oitava Lei de Alteração do Código de Trânsito**. Achtes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes Berlin, 16 jun. 2017. Disponível em: https://dejure.org/BGBI/BGBI._2017_I_1648. Acesso em: 01 mar. 2026.

BENJAMIN, Antonio Herman V.; MARQUES, Claudia Lima; BESSA, Leonardo Roscoe. **Manual de Direito do Consumidor** [recurso eletrônico]. 9. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1317 de 22 de março de 2023**. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, para regulamentar os veículos autônomos terrestres, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2352438>. Acesso em: 03 mar. 2026.

BRASIL. **Constituição Federal**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 set. 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm. Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 jan. 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm. Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Minuta de Resolução CONTRAN 6212208**. Estabelece a obrigatoriedade e os requisitos técnicos do sistema automático de frenagem de emergência (AEBS) a serem instalados em veículos das categorias M e N. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/obrigatoriedade-requisitos-tecnicos-sistema-automatico-frenagem-emergencia>. Acesso em: 01 mar. 2026.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **Acórdão que reconheceu a responsabilidade solidária do proprietário do veículo por acidente de trânsito ocorrido em transporte benévolo**. Recurso Especial nº 577.902. Sérgio Rocha de Faria e Alessandro Dehon Piccin. Relator: Ministro Antônio de Pádua Ribeiro. 13 de junho de 2006. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/GetInteiroTeorDoAcordao?num_registro=200301571792&dt_publicacao=28/08/2006. Acesso em: 01 mar. 2026.

DUFFY, Clare. Toyota suspende uso de veículo autônomo depois de atropelar atleta paralímpico. **CNN BRASIL**, [S. l.], 28 ago. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/toyota-suspende-uso-de-veiculo-autonomo-depois-de-atropelar-atleta-paralimpico/>. Acesso em: 01 mar. 2026.

GLOBAL status report on road safety 2018. **World Health Organization**, Genebra, 17. Jun. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>. Acesso em: 01 mar. 2026.

KPMG International. **Índice de Prontidão para Veículos Autônomos 2020**. Disponível em: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/br/pdf/2020/09/autonomous-vehicles-readiness-index-2020.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2025.

LIMA, Edson Kaique. Tesla Model 3 é visto no piloto automático em rodovia de São Paulo. **Olhar digital**, [S. l.], 13 nov. 2021. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/11/13/carros-e-tecnologia/tesla-model-s-e-visto-dirigindo-sozinho-em-rodovia-de-sao-paulo-veja-o-video/>. Acesso em: 01 mar. 2026.

LIN, Patrick. The ethics of autonomous cars. **The Atlantic**, out. 2013. Disponível em: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/10/the-ethics-of-autonomous-cars/280360/>. Acesso em: 01 mar. 2026.

MIRAGEM, Bruno. **Curso de Direito do Consumidor**: fundamentos do direito do consumidor, direito material e processual, proteção administrativa do consumidor, direito penal do consumidor. 6. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2016.

MOTORISTA reserva de carro autônomo da Uber se declara culpada em colisão com uma morte nos EUA. **InfoMoney**, [S. l.], 31 jul. 2023. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/consumo/motorista-reserva-de-carro-autonomo-da-uber-se-declara-culpada-em-colisao-com-uma-morte-nos-eua/>. Acesso em: 01 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. 90% dos acidentes são causados por falhas humanas, alerta observatório. **Observatório Nacional de Segurança Viária**, [S. l.], 15 jul. 2017. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>. Acesso em: 26 out. 2025.

OLIVEIRA, Júlio Moraes. **Curso de Direito do Consumidor Completo**. 10. ed. Belo Horizonte; São Paulo: D'Plácido, 2024.

PROCESSOS de Software. **DEV MEDIA**, 2011. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/processos-de-software/21977>. Acesso em: 01 mar. 2026.

REINO UNIDO. **Automated and Electric Vehicles Act 2018**. Is up to date with all changes known to be in force on or before 14 March 2026 [...]. [S.l.], 21 abr. 2021. Disponível em: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/18/part/1>. Acesso em: 01 mar. 2026.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SENADO FEDERAL. **A responsabilidade objetiva no Código Civil**. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/447481/noticia.htm>. Acesso em: 01 mar. 2026.

TARTUCE, Flávio. **Responsabilidade Civil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

TAXONOMY and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. **SAE International**, [S. l.], 29 abr. 2021. Disponível em: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/. Acesso em: 13 mar. 2026.

UNIÃO EUROPEIA. Resolução do Parlamento Europeu, de 16 de fevereiro de 2017, que contém recomendações à Comissão sobre disposições de Direito Civil sobre Robótica. **Jornal Oficial da União Europeia**, 18 jul. 2018. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2018.252.01.0239.01.POR&toc=OJ%3AC%3A2018%3A252%3ATOC#document1. Acesso em: 01 mar. 2026.

WEBER, Taisy Silva. **Tolerância a falhas: conceitos e exemplos**. Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [s.d.]. Disponível em: <https://www.inf.ufrgs.br/~taisy/disciplinas/textos/ConceitosDependabilidade.PDF>. Acesso em: 01 mar. 2026.

Sobre a Autoria

1 –José Geraldo Romanello Bueno

Doutor em Direito pela Universidade de São Paulo

<https://orcid.org/0000-0002-1715-081X> • jose.bueno@mackenzie.br

Contribuição: Primeira redação - Escrita

2 – Isabelle de Quintal

Graduanda de Direito da Universidade Presbiteriana Mackenzie Campinas

<https://orcid.org/0009-0008-3503-9649> • quintalisabelle07@yahoo.com

Contribuição: Primeira redação – Escrita

3 – Mayara Ferraz Fonseca

Graduanda de Direito da Universidade Presbiteriana Mackenzie Campinas

<https://orcid.org/0000-0002-6739-664X> • mayaraf.fonseca@gmail.com

Contribuição: Primeira redação - Escrita

Como fazer referência ao artigo (ABNT):

BUENO, J. G. R.; QUINTAL, I.; FONSECA, M. F. A responsabilidade civil decorrente de danos causados pelos veículos autônomos: desafios jurídicos e propostas para o ordenamento brasileiro.

Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, Santa Maria, v. 19, e96259, p. 1-36, 2026.

Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1981369496259> Acesso em: dia mês abreviado. ano.

Direitos autorais 2026 Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM

Editor responsável: Dr. Rafael Santos de Oliveira



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.