

**Relatório de Pesquisa**

# **Sistema de Rastreo para o Ouro**

## **Desafios e recomendações**

**Estudo idealizado pelo Instituto Escolhas**



**Coordenação e Execução Técnica**

**INSTITUTO**  
**LOCO**  
**MOTIVA**

## **Estudo idealizado pelo Instituto Escolhas**

### **Coordenação geral**

Larissa Rodrigues (Instituto Escolhas)

### **Acompanhamento e revisão técnica**

Juliana Siqueira-Gay (Instituto Escolhas)

Rebeca Lins (Instituto Escolhas)

### **Coordenação e Execução Técnica**

#### **Instituto Locomotiva**

Álvaro Machado Dias, Maíra Saruê Machado e Rachel Baptista

Consultores: Marcela Moraes, Michael Freitas Mohallem e Natalie Rosen

#### **Rhizom Blockchain**

Luciano Britto

#### **Citar como:**

Instituto Escolhas. **Sistema de Rastreo para o Ouro: desafios e recomendações.** Relatório de Pesquisa. São Paulo, 2022.

São Paulo, junho de 2022.

## Lista de abreviações

ANM	Agência Nacional de Mineração
Anoro	Associação Nacional do Ouro
BAPes	Bases de Proteção Etnoambiental
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
DLT	<i>Distributed Ledger Technology</i>
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DTVM	Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários ou Corretora e Distribuidora de Valores
ESG	<i>Environmental, Social and Corporate Governance</i> , comumente traduzido para ASG (Ambiental, Social e Governança)
Funai	Fundação Nacional do Índio
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IOF	Imposto sobre Operações Financeiras
MME	Ministério de Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
RJC	<i>Responsible Jewellery Council</i>
RMI	<i>Responsible Minerals Initiative</i>

## Lista de termos ligados à tecnologia utilizados

Metaverso	É um conjunto de tecnologias imersivas, por vezes constituídas sobre plataformas de <i>blockchain</i> . Ainda que a relação entre as duas tecnologias não seja obrigatória, o metaverso vem promovendo a popularização da tecnologia <i>blockchain</i> ao redor do mundo, o que aumenta o número de profissionais disponíveis para dar manutenção em projetos complexos, reduzindo os riscos associados aos mesmos.
<i>Tokens</i>	São as unidades digitais de valor baseadas em <i>blockchain</i> . Estes podem ser fungíveis, isto é, substituíveis uns pelos outros (como uma nota de R\$ 2,00 é fungível por duas moedas de R\$ 1,00), ou não-fungíveis. Um exemplo de <i>token</i> fungível é o Bitcoin, enquanto os não-fungíveis são os famosos NFTs, presentes em plataformas de metaverso, onde servem para identificar propriedades digitais específicas.
RFID	É uma forma de comunicação sem fio que utiliza ondas de rádio para identificar e rastrear passivamente objetos através do uso de <i>tags</i> e leitores de <i>tags</i> . Ela permite aos usuários transmitir informações via ondas eletromagnéticas de uma <i>tag</i> para um leitor fixo ou portátil que está ligado a um computador. A etiqueta (ou <i>transponder</i> ) pode conter um transmissor e um receptor para a comunicação com os leitores.
DLT	<i>Distributed Ledger Technology</i>
Oráculos	São agentes (humanos ou máquinas/API), responsáveis por incluir informações de fora do DLT ( <i>off-chain</i> ) para dentro do mesmo ( <i>on-chain</i> ).

## Sumário

1. Introdução	8
2. O arcabouço jurídico-institucional brasileiro sobre a extração do ouro	11
2.1. A Constituição Federal de 1988 e as leis federais	11
2.2. Órgãos executivos federais	13
3. O mercado de ouro e o contexto jurídico, socioambiental e político da mineração de ouro no Brasil	14
4. A visão dos especialistas	18
4.1. Principais desafios identificados	18
4.2. Soluções apontadas	22
5. Sistemas de rastreio com o uso de tecnologia: <i>blockchain</i> e outras soluções	23
5.1. Definição e princípios para aplicações do <i>blockchain</i>	25
5.2. O uso de <i>blockchain</i> na indústria da madeira	30
5.3. Uso de <i>blockchain</i> na indústria do ouro	33
5.4. DLTs vs. <i>blockchains</i> : a solução ideal para a cadeia do ouro	35
5.5. Registros no DLT da cadeia do ouro	38
5.6. Regras de negócios na DLT da cadeia do ouro	42
5.7. Identidades e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)	44
5.8. Contratação e manutenção de oráculos	45
6. Mecanismos de controle sobre a cadeia do ouro: recomendações para seu aprimoramento	45
6.1. Sistema público de rastreio	46
6.1.1. Governança e competências	46
6.1.2. Informações disponíveis e necessárias	47
6.1.3. Escolha tecnológica	48
6.1.4. Recomendações para um sistema público de rastreio	51
6.2. Sistema privado de rastreio e <i>due diligence</i>	52
6.2.1. Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco	53
6.2.2. Legislações que implementam o Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco	55

6.2.3. Autorregulação do mercado baseada no Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco	58
6.2.4. Recomendações para o setor privado	60
6.3. Outros mecanismos de controle para o combate à ilegalidade na cadeia do ouro	62
6.3.1. Garimpo: revisão da definição legal	62
6.3.2. Segurança pública: aprimoramento da investigação e repressão ao crime organizado	65
7. Considerações finais	67
8. Referências bibliográficas	70

## **Resumo**

A mineração ilegal de ouro no Brasil atingiu proporções até então desconhecidas, causando destruição ambiental em unidades de conservação e territórios indígenas na Amazônia. Estima-se que quase a metade do ouro produzido e exportado entre 2015 e 2020 tenha origem incerta. Esse relatório busca aprofundar o diagnóstico do problema, especialmente a partir da perspectiva jurídico-institucional, e identificar soluções para instituir mecanismos de rastreabilidade e controle na cadeia de produção do ouro. O relatório avalia a possibilidade de uso de tecnologia *blockchain* na implementação de sistemas de rastreamento e traz recomendações para modelos de governança, por meio de um sistema público ou de um sistema de autorregulação privado, com padrões adequados de *due diligence*.

## **Abstract**

Illegal gold mining in Brazil has reached undocumented proportions, leading to substantial environmental destruction in conservation units and indigenous territories in the Amazon. Recent studies indicate that almost half of the gold produced and exported between 2015 and 2020 is of uncertain origin. This report aims to deepen the understanding of the problem, especially from a legal-institutional perspective, and to identify solutions to implement control mechanisms in the gold production and distribution chain. The report weighs the possibility of using *blockchain* technology in traceability systems and recommends governance models using public and/or private self-regulatory systems, along with adequate due diligence standards.

## 1. Introdução

A extração ilegal de ouro – possivelmente um dos crimes regularmente praticados na história do Brasil – alcançou nos últimos anos proporções até então desconhecidas. Espólios do garimpo e seus rastros de destruição ambiental foram identificados em diversas áreas da Amazônia. Unidades de Conservação e territórios indígenas foram invadidos e contaminados com o mercúrio, e constatou-se que é elevado o volume de ouro com indícios de ilegalidade produzido e exportado pelo Brasil.<sup>1</sup> O quadro alarmante no contexto brasileiro se deve à conjugação de ao menos três fatores: a escalada do valor internacional do ouro como reflexo do aumento da demanda internacional pelo minério; a predominância da visão oficial do atual governo, favorável à ampliação da atividade de garimpo; e, principalmente, um conjunto de normas incapaz de conter a extração e a exportação ilegais, bem como a lavagem do ouro e outros crimes ambientais conexos.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Instituto Escolhas, *Raio X do ouro: mais de 200 toneladas podem ser ilegais* (2022), acessado em 22 de fevereiro de 2022, <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Ouro-200-toneladas.pdf>>; Instituto Escolhas, *Brasil Exporta Ouro Ilegal* (2021), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Brasil-Exporta-Ouro-Ilegal.pdf>>. Ver também Projeto MapBiomas – Mapeamento da superfície de mineração industrial e garimpo no Brasil - Coleção 6, “Área de garimpo já representa 52% da área ocupada pela mineração no país”, acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact\\_Sheet\\_1.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_1.pdf)>.

<sup>2</sup> Bruno Manzolli, Raoni Rajão, Ana Carolina Haliuc Bragança et al., *Legalidade da produção de ouro no Brasil* (Belo Horizonte: Editora IGC/UFMG, 2021), acessado em 9 de dez de 2021, <[http://www.lagesa.org/wp-content/uploads/documents/Manzolli\\_Rajao\\_21\\_Ilegalidade%20cadeia%20do%20ouro.pdf](http://www.lagesa.org/wp-content/uploads/documents/Manzolli_Rajao_21_Ilegalidade%20cadeia%20do%20ouro.pdf)>. Em relação à visão oficial, destaca-se o trecho: “O interesse na Amazônia não é no índio nem na porra da árvore, é no minério”, declaração de Jair Bolsonaro, de 1º de outubro de 2019. Matheus Pimentel, “Bolsonaro: a defesa aberta de garimpeiros e as críticas à Vale”, *Nexo Jornal*, 2 de outubro de 2019, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2019/10/02/Bolsonaro-a-defesa-aberta-de-garimpeiros-e-as-cr%C3%ADticas-%C3%A0-Vale>>. Outra importante referência em relação à visão do governo é o Projeto de Lei nº 191/20, de autoria do Poder Executivo, que regulamenta a exploração de recursos minerais, hídricos e orgânicos em reservas indígenas. Segundo declaração do presidente Jair Bolsonaro em abril de 2019, “em Roraima, tem R\$ 3 trilhões embaixo da terra. E o índio tem o direito de explorar isso de forma racional, obviamente. O índio não pode continuar sendo pobre em cima de terra rica”. Agência Câmara, *Projeto do governo viabiliza exploração de minérios em terras indígenas*, 6 de fevereiro de 2020, acessado em 9 de dez de 2021, <<https://www.camara.leg.br/noticias/634893-projeto-do-governo-viabiliza-exploracao-de-minerios-em-terras-indigenas/>>.



Visando aprofundar o diagnóstico do problema e das soluções para instituir mecanismos de rastreabilidade e controle na cadeia do ouro, o Instituto Escolhas solicitou ao Instituto Locomotiva um estudo sobre caminhos regulatórios e apontamentos sobre o uso de tecnologias de rastreio para a cadeia. Para a elaboração de recomendações de políticas públicas e boas práticas entre os entes privados, foram realizadas entrevistas com especialistas ligados a órgãos públicos de gestão e controle, associações do setor produtivo e da indústria de mineração. Foram também analisados o arcabouço jurídico-institucional, as propostas em trâmite no Congresso Nacional relacionadas ao tema e as experiências em cadeias produtivas semelhantes, tal qual a da madeira, cujos desafios de extração ilegal são parcialmente equiparáveis à cadeia de produção do ouro. O estudo contempla, ainda, um entendimento sobre o *blockchain* e os demais sistemas de rastreio.

A compreensão conjugada das principais referências e fontes no tema, complementada pelo olhar prático dos especialistas e profissionais atuantes no campo, resultou em recomendações para o aprimoramento do quadro problemático que se apresenta. Como exemplo dos desafios colocados e da evidente necessidade de novos marcos normativos e de um grau de inovação na forma de enfrentar os problemas, um estudo recente do Instituto Escolhas constatou que, entre 2015 e 2020, o Brasil comercializou 229 toneladas de ouro com sinais de ilegalidade. Isso indica que quase metade do ouro produzido e exportado pelo país tem origem duvidosa – e a maior parte desse ouro veio da Amazônia.<sup>3</sup>

Com o objetivo de identificar lacunas normativas, aspectos regulatórios ineficazes e iniciativas que possam contribuir para o combate à exploração e à comercialização ilegais do ouro, foi realizada, inicialmente, uma análise do arcabouço jurídico-institucional brasileiro voltado para a produção e o comércio do minério. Partindo da Constituição Federal, foram identificadas normas específicas cuja consideração é necessária para entender as fragilidades e

---

<sup>3</sup> Instituto Escolhas, *Raio X do ouro: mais de 200 toneladas podem ser ilegais*, fevereiro de 2022, acessado em 22 de fevereiro de 2022, <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Ouro-200-toneladas.pdf>> .

vulnerabilidades do sistema de controle da produção e transação comercial. Da mesma forma, foram destacadas as competências dos principais órgãos do Poder Executivo federal que cuidam da gestão de políticas públicas, da normatização e das medidas de fiscalização do setor de mineração.

O estudo analisa, em seguida, o mercado do ouro e o contexto social do garimpo, identificando seus principais atores e avaliando as mudanças que nele ocorreram nas últimas décadas – tendo em vista a organização de grupos econômicos, muitas vezes ilegais, como viabilizadores de um garimpo com características industriais e sempre mais distante da ideia de atuação rudimentar, artesanal e não mecanizada do garimpo característico de tempos passados.

Na sequência, o estudo traz a visão de especialistas a partir de entrevistas com atores do mercado do ouro, que incluem desde representantes das principais empresas mineradoras até agentes de fiscalização e agentes públicos responsáveis por diferentes aspectos da fiscalização e da regulação do setor.

O capítulo posterior volta-se ao uso de sistemas de rastreamento com *blockchain*, abordando as indústrias do ouro e da madeira e possíveis soluções.

Por fim, a seção dedicada aos mecanismos de controle busca conjugar as análises sobre o arcabouço jurídico-institucional, a compreensão das particularidades do setor produtivo do ouro e a visão dos especialistas entrevistados para apresentar recomendações que orientem a implementação de soluções, em âmbitos público e privado, incluindo o uso de tecnologia, para os desafios identificados.

## 2. O arcabouço jurídico-institucional brasileiro sobre a extração do ouro

### 2.1. A Constituição Federal de 1988 e as leis federais

Destacamos a seguir as principais normas federais que regulamentam as atividades de mineração no Brasil e alguns dos artigos de maior importância para o debate sobre mecanismos de controle e rastreio da cadeia do ouro.

<b>Constituição Federal de 1988</b>	<b>Art. 174, § 3º.</b> O Estado favorecerá a organização da atividade garimpeira em cooperativas, levando em conta a proteção do meio ambiente e a promoção econômico-social dos garimpeiros.
<b>Decreto-Lei nº 227/67 – Código de Minas</b>	<b>Art. 2º.</b> Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, para efeito deste Código, são: I - regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia; II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal.
<b>Lei nº 7.805/89 – Regime de permissão de lavra garimpeira</b>	<b>Art. 10.</b> Considera-se garimpagem a atividade de aproveitamento de substâncias minerais garimpáveis, executadas no interior de áreas estabelecidas para este fim, exercida por brasileiro, cooperativa de garimpeiros, autorizada a funcionar como empresa de mineração, sob o regime de permissão de lavra garimpeira.
<b>Lei nº 7.766/89 – Ouro, ativo financeiro</b>	<b>Art. 2º.</b> Para os efeitos desta Lei, as cooperativas ou associações de garimpeiros, desde que regularmente constituídas, serão autorizadas pelo Banco Central do Brasil a operarem com ouro. <b>Parágrafo único.</b> As operações com ouro, facultadas às cooperativas ou associações de garimpeiros, restringem-se, exclusivamente, à sua compra na origem e à venda ao Banco Central do Brasil, ou à instituição por ele autorizada.

<p><b>Lei nº 11.685/08 – Estatuto do Garimpeiro</b></p>	<p><b>Art. 2º.</b> Para os fins previstos nesta Lei entende-se por: I - garimpeiro: toda pessoa física de nacionalidade brasileira que, individualmente ou em forma associativa, atue diretamente no processo da extração de substâncias minerais garimpáveis.</p>
<p><b>Lei nº 12.844/13 – Ouro, compra, venda e transporte</b></p>	<p><b>Art. 39.</b> A prova da regularidade da primeira aquisição de ouro produzido sob qualquer regime de aproveitamento será feita com base em: I - nota fiscal emitida por cooperativa ou, no caso de pessoa física, recibo de venda e declaração de origem do ouro emitido pelo vendedor identificando a área de lavra, o Estado ou Distrito Federal e o Município de origem do ouro, o número do processo administrativo no órgão gestor de recursos minerais e o número do título autorizativo de extração; (...) § 3º. É de responsabilidade do vendedor a veracidade das informações por ele prestadas no ato da compra e venda do ouro. § 4º. Presumem-se a legalidade do ouro adquirido e a boa-fé da pessoa jurídica adquirente quando as informações mencionadas neste artigo, prestadas pelo vendedor, estiverem devidamente arquivadas na sede da instituição legalmente autorizada a realizar a compra de ouro.</p>
<p><b>Decreto 10.965/2022</b></p>	<p><b>Art. 1º.</b> O Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, passa a vigorar com as seguintes alterações: "Art. 4º. .... <b>Parágrafo único.</b> A ANM estabelecerá critérios simplificados para análise de atos processuais e procedimentos de outorga, principalmente no caso de empreendimentos de pequeno porte ou de aproveitamento das substâncias minerais de que trata o art. 1º da Lei nº 6.567, de 1978." (NR)</p>
<p><b>Decreto 10.966/2022</b></p>	<p><b>Art. 1º.</b> Fica instituído o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Mineração Artesanal e em Pequena Escala – Pró-Mape, com a finalidade de propor políticas públicas e estimular o desenvolvimento da mineração artesanal e em pequena escala, com vistas ao desenvolvimento sustentável regional e nacional. <b>Art. 3º.</b> São objetivos do Programa Pró-Mape: [...] II - estimular as melhores práticas, a formalização da atividade e a promoção da saúde, da assistência e da dignidade das pessoas envolvidas com a mineração artesanal e em pequena escala.</p>

## 2.2. Órgãos executivos federais

Listamos a seguir os órgãos do Poder Executivo federal destinados à gestão de políticas públicas e normatização do setor de mineração e à promoção de medidas de fiscalização.

<b>Ministério de Minas e Energia (MME)</b>	<p>O MME tem como missão institucional “formular e assegurar a execução de políticas públicas para a gestão sustentável dos recursos energéticos e minerais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país”. Sua estrutura é regulada pelo Decreto nº 9.675/19.</p>
<b>Agência Nacional de Mineração (ANM)</b>	<p>A ANM é uma autarquia federal sob regime especial, criada pela Lei nº 13.575/2017, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, dotada de personalidade jurídica de direito público com autonomia patrimonial, administrativa e financeira, com sede e foro em Brasília, Distrito Federal, e circunscrição em todo o território nacional. A ANM foi criada em substituição ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).</p> <p>De acordo com artigo 2º da Lei nº 13.575, a função da ANM é observar e implementar as diretrizes estabelecidas no Código de Mineração, na legislação pertinente e nas políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia. A ANM visa também promover a gestão dos recursos minerais da União, bem como a regulamentação e a fiscalização das atividades de exploração dos recursos minerais do país.</p>
<b>Banco Central do Brasil (Bacen)</b>	<p>O Banco Central do Brasil é o órgão federal que executa a política monetária do governo, administra as reservas internacionais do país e fiscaliza o Sistema Financeiro Nacional.</p> <p>O Bacen foi criado pela Lei 4.595/64, que define em seu artigo 11, III, que lhe compete “atuar no sentido do funcionamento regular do mercado cambial, da estabilidade relativa das taxas de câmbio e do equilíbrio no balanço de pagamentos, podendo para esse fim comprar e vender ouro e moeda estrangeira, bem como realizar operações de crédito no exterior, inclusive as referentes aos Direitos Especiais de Saque, e separar os mercados de câmbio financeiro e comercial”.</p>

<p><b>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama)</b></p>	<p>O Ibama é uma autarquia federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, criada pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, e teve suas competências atualizadas pela Lei nº 11.516, de 2007.</p> <p>Dentre as competências do Ibama destacam-se o exercício do poder de polícia ambiental e a execução das políticas nacionais de meio ambiente, relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental, observadas as diretrizes emanadas do Ministério do Meio Ambiente.</p>
--	---

### 3. O mercado de ouro e o contexto jurídico, socioambiental e político da mineração de ouro no Brasil

O Brasil está entre os dez maiores produtores de ouro do mundo. Segundo dados do *World Gold Council* (WGC), em 2020, o país ocupava o sétimo lugar na lista, com uma produção anual de 107,0 toneladas.<sup>4</sup> De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), o setor de mineração representa 4% do Produto Interno Bruto (PIB) e 22% da pauta de exportações brasileiras.<sup>5</sup>

Atualmente, a Amazônia é a maior região produtora de ouro do Brasil. No entanto, grande parte do ouro extraído na região é proveniente de áreas de preservação da natureza ou de

<sup>4</sup> “Update: Top 10 gold producing countries,” *Forbes*, 23 de junho de 2021, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.forbes.com/sites/greatspeculations/2021/06/23/updated-top-10-gold-producing-countries/?sh=5a748b712ce2>>. É importante notar que o volume de ouro produzido pelo Brasil varia conforme a fonte dos dados. De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro, publicado pela ANM, em 2020 a produção de ouro do Brasil foi de 81,57 toneladas. Já de acordo com a base de dados de recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), também disponibilizada pela ANM, e modelada pelo Instituto Escolhas, o volume foi de 91,95 toneladas.

<sup>5</sup> Agência Câmara, *Governo e garimpeiros defendem a viabilidade ambiental de mineração na Amazônia* (17 de setembro de 2019), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.camara.leg.br/noticias/586081-governo-e-garimpeiros-defendem-viabilidade->>.

terras indígenas nas quais a mineração não é permitida – resultando, portanto, em ouro ilegal.<sup>6</sup>

Estima-se que a indústria de mineração ilegal gere globalmente entre US\$ 12 bilhões e US\$ 48 bilhões anuais.<sup>7</sup> Segundo o MME, a atividade no Brasil gera entre R\$ 3 bilhões e R\$ 4 bilhões por ano.<sup>8</sup> Em relatório recente do Instituto Escolhas, a estimativa é que cerca de 47% da produção brasileira de ouro entre 2015 e 2020 possui indícios de ilegalidade.<sup>9</sup>

Terras Indígenas e Unidades de Conservação da natureza são essenciais para a preservação da floresta amazônica e das comunidades que nela habitam, bem como para a mitigação das mudanças climáticas. A mineração ilegal leva ao desmatamento,<sup>10</sup> ameaça os ecossistemas,

---

<sup>6</sup> Juliana Siqueira-Gay, Luiz J. Sánchez, *The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation* (Regional Environmental Change 21, 28, 2021), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-021-01761-7.pdf>> e “Estudo denuncia epidemia de garimpos na Amazônia brasileira”, *Deutsche Welle Brasil*, 10 de dezembro de 2018, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.dw.com/pt-br/estudo-denuncia-epidemia-de-garimpos-na-amaz%C3%B4nia-brasileira/a-46664874>>. De acordo com análise do Instituto Escolhas, em 2020 os estados que compõem a Amazônia Legal foram responsáveis por 50,1% do ouro produzido no país.

<sup>7</sup> Christian Nellemann et al., *The rise of environmental crime: a growing threat to natural resources*, Peace, Development and Security, A UNEP INTERPOL Rapid Response Assessment (Oslo: United Nations Environment Programme; RHIPTO Rapid Response-Norwegian Center for Global Analyses, 2016), acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7662/-The\\_rise\\_of\\_environmental\\_crime\\_A\\_growing\\_threat\\_to\\_natural\\_resources\\_peace%2C\\_development\\_and\\_security-2016environmental\\_crimes.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7662/-The_rise_of_environmental_crime_A_growing_threat_to_natural_resources_peace%2C_development_and_security-2016environmental_crimes.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>.

<sup>8</sup> Agência Câmara, *Governo e garimpeiros defendem viabilidade ambiental de mineração na Amazônia*, 17 de setembro de 2019, acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://www.camara.leg.br/noticias/586081-governo-e-garimpeiros-defendem-viabilidade->](https://www.camara.leg.br/noticias/586081-governo-e-garimpeiros-defendem-viabilidade-), último acesso em 9 de dezembro de 2021.

<sup>9</sup> Instituto Escolhas (2022), supra note 1.

<sup>10</sup> Entre 2005 e 2015, a mineração na Floresta Amazônica foi responsável pelo desmatamento de aproximadamente 1,2 milhão de hectares. Bruno Manzolli, Raoni Rajão, Ana Carolina Haliuc Bragança et al., supra note 2.

contamina as águas dos rios com mercúrio (que é usado para beneficiar o mineral) e traz doenças como a malária.<sup>11</sup> Ademais, o fato de que as minas ilegais não são fechadas adequadamente, mas apenas abandonadas, potencializa o dano ambiental à área e dificulta eventual recuperação. A prática tem um efeito devastador sobre o meio ambiente e sobre as comunidades indígenas, violando direitos que lhes são conferidos pelo Direito Constitucional Brasileiro e pelo Direito Internacional.<sup>12</sup>

De acordo com a ferramenta “Calculadora dos impactos do garimpo ilegal de ouro”, estima-se que o ouro ilegal extraído entre 2019 e 2020, devido à destruição dos recursos ambientais e poluição por mercúrio e suas doenças resultantes, cause danos socioambientais da ordem de R\$ 31,4 bilhões.<sup>13</sup> Também foi estimado que a extração de 1 kg de ouro pode ter um impacto que varia de R\$ 940 mil a R\$ 2 milhões (de US\$ 183 mil a US\$ 390 mil).<sup>14</sup>

Outro aspecto fundamental que permite compreender a expansão do garimpo no Brasil em anos recentes refere-se à perspectiva do atual governo federal em relação às práticas de

---

<sup>11</sup> Channing May, *Transnational crime and the developing world*, Global Financial Integrity (2017), acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://secureservercdn.net/50.62.198.97/34n.8bd.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/03/Transnational\\_Crime-final.pdf](https://secureservercdn.net/50.62.198.97/34n.8bd.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/03/Transnational_Crime-final.pdf)> .

<sup>12</sup> Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho sobre Povos Indígenas e Tribais, 1989, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.oas.org/dil/port/1989%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20Povos%20Ind%C3%ADgenas%20e%20Tribais%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20OIT%20n%20C2%BA%20169.pdf>>; e Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas, 2008, acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/portugues/BDL/Declaracao\\_das\\_Nacoes\\_Unidas\\_sobre\\_os\\_Direitos\\_dos\\_Povos\\_Indigenas.pdf](https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/portugues/BDL/Declaracao_das_Nacoes_Unidas_sobre_os_Direitos_dos_Povos_Indigenas.pdf)>.

<sup>13</sup> Ver a “Calculadora dos impactos do garimpo ilegal de ouro”, acessado em 10 de dezembro de 2021, <<http://calculadora.conservation-strategy.org/>>.

<sup>14</sup> Shanna Hanbury, *What’s the cost of illegal mining in Brazil’s Amazon? A new tool calculates it*, Mongabay, 11 de junho de 2021, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://news.mongabay.com/2021/06/whats-the-cost-of-illegal-mining-in-brazils-amazon-a-new-tool-calculates-it/>> .



garimpo. Em 2020, o governo apresentou o Projeto de Lei 191/20, que regulamenta a exploração de recursos minerais, hídricos e orgânicos em Terras Indígenas. Há previsão de permissão para lavra garimpeira em Terras Indígenas em áreas definidas pela ANM, desde que haja consentimento das comunidades afetadas. Embora a Constituição Federal preveja a possibilidade desse tipo de exploração em condições particulares e em observação estrita de outras legislações nacionais e internacionais, tal regulamentação não ocorreu nos mais de 30 anos de vigência da Constituição justamente por conta da prevalência da visão de especialistas e das comunidades afetadas em relação ao elevado risco que tais atividades poderiam provocar. O projeto é cercado de controvérsias, como se nota também por meio da objeção do Ministério Público Federal (MPF), que ressaltou que o projeto é inconstitucional. O órgão observou que “os mais de quatro mil procedimentos minerários incidentes em 216 Terras Indígenas [...] demonstram que não são os interesses dos indígenas ou da União que motivam a proposta de regulamentação dessa atividade, mas sim o interesse econômico de determinados grupos”.<sup>15</sup>

Além de iniciativas legislativas, o governo federal tem autorizado projetos de exploração do ouro em regiões intocadas. Segundo levantamento, o Gabinete de Segurança Institucional concedeu “81 autorizações de mineração na Amazônia desde 2019, entre permissões de pesquisa e de lavra de minérios. A maior quantidade foi em 2021: 45, conforme atos publicados até abril, sendo essa a maior quantidade em um ano desde 2013. O número pode aumentar, pois pode haver novos atos em dezembro.”<sup>16</sup> Chama a atenção que sete dos projetos de exploração de ouro foram autorizados em região praticamente intocada da Amazônia, gesto “inérito do Conselho de Defesa Nacional nos últimos dez anos”, segundo a

---

<sup>15</sup> Ministério Público Federal, *Nota Pública - Mineração em Terras Indígenas*, 21 de junho de 2021, acessado em 23 de fevereiro de 2022, <<http://www.mpf.mp.br/pgr/documentos/document20210622T105111.842.pdf>>.

<sup>16</sup> "General Heleno autoriza avanço de garimpo em áreas preservadas na Amazônia", *Folha de São Paulo*, 5 de dezembro de 2021, acessado em 14 de dezembro de 2021, <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2021/12/general-helena-autoriza-avanco-de-garimpo-em-areas-peservadas-na-amazonia.shtml>>.

reportagem. Preocupação adicional se deve ao fato de que nesta região estão 23 etnias indígenas.

Há, ainda, sinalização de ampliação das hipóteses legais de garimpo diante dos debates legislativos sobre o novo Código de Mineração, que pretende ampliar a proteção e condições especiais ao setor por meio da classificação da mineração no país como “atividade de utilidade pública, de interesse nacional e essencial à vida humana”.<sup>17</sup> As mudanças indicam ainda a possibilidade de aprovação automática de processos que estejam sem movimentação por mais de um ano na ANM, dispensando-se as análises de praxe. Estima-se que mais de 90 mil processos em fase de concessão de lavra, pesquisa e lavra garimpeira que aguardam aprovação técnica da ANM possam ser automaticamente concedidos caso a nova legislação em debate seja aprovada.

#### **4. A visão dos especialistas**

Com o objetivo de mapear os principais desafios e possíveis soluções para o controle da mineração ilegal e para a implementação de um sistema de rastreabilidade do ouro, foram realizadas entrevistas com atores ligados a órgãos públicos, associações setoriais e representantes da indústria de mineração. Abaixo, estão sintetizados os principais desafios identificados nas falas das pessoas entrevistadas.

---

<sup>17</sup> Fabio Bispo, “Novo Código de Mineração propõe aprovação automática de milhares de processos parados na ANM”, *O Eco*, 3 de dezembro de 2021, acessado em 15 de dezembro de 2021, <<https://oeco.org.br/reportagens/novo-codigo-de-mineracao-propoe-aprovacao-automatica-de-milhares-de-processos-parados-na-anm/>>.

#### 4.1. Principais desafios identificados

<p><b>1) A atual legislação facilita o ingresso do ouro de origem ilegal no sistema financeiro</b></p>	<p><b>Prova de origem do ouro meramente declaratória na aquisição pelas DTVMs</b></p> <p>As Distribuidoras de Valores e Títulos Mobiliários (DTVMs) são instituições autorizadas a atuar no sistema financeiro pelo Banco Central do Brasil e a comprar o ouro do garimpo. De acordo com a Lei nº 12.844/13, que regula a compra, a venda e o transporte do ouro, a simples declaração pelo vendedor (garimpeiros) de informações relacionadas ao título autorizativo da extração é aceita como prova de origem do ouro na compra pelas DTVMs. Além disso, presume-se a boa-fé do adquirente, caso as informações estejam arquivadas. Assim é viabilizada a prática de lavagem do ouro: vendedores de ouro ilegal utilizam informações de títulos regulares para vender às DTVMs.</p> <p><b>Falta de digitalização das informações</b></p> <p>Existe ainda o problema da falta de exigência da digitalização dos documentos apresentados às DTVMs, o que dificulta o cruzamento de informações públicas relacionadas aos títulos minerários e fiscais, que permitiriam ampliar o controle sobre a veracidade das informações prestadas.</p> <p><b>Banco Central</b></p> <p>De acordo com os entrevistados, o Banco Central tem se eximido da responsabilidade sobre a fiscalização da origem do ouro</p>
--	--

	<p>comprado pelas DTVMs, alegando que suas atribuições se iniciam após a aquisição do minério.</p>
<p><b>2) Aquisição do ouro de garimpo por empresas comercializadoras: omissão legal ou proibição?</b></p>	<p>Parte do ouro do garimpo é vendido como mercadoria diretamente para empresas comercializadoras de ouro, que muitas vezes inclusive recolhem CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral) como forma de buscar oferecer legalidade à aquisição. Essas empresas entendem que não existe vedação legal para a compra direta do ouro do garimpo.</p> <p>A Lei nº 7.766/89, que dispõe sobre o ouro como ativo financeiro, restringe a venda do metal por cooperativas ou associações de garimpeiros ao Banco Central do Brasil e instituições por ele autorizadas. A Lei nº 12.844/13, ao tratar das regras para compra do ouro, fala em "instituição legalmente autorizada a realizar a compra". Por conta destas normas, os órgãos de fiscalização entendem ser proibida a aquisição do minério por empresas comercializadoras diretamente do garimpo.</p>

<p><b>3) Limitações dos órgãos de controle e uso incipiente de tecnologias</b></p>	<p><b>Atribuições da ANM</b> – A ANM é reconhecida como o principal órgão responsável pela normatização e fiscalização da mineração do ouro. A atuação da ANM precisaria ser fortalecida, pois hoje encontra limitações estruturais, de pessoal e uso de tecnologias, para o cumprimento de suas atribuições. Também foi apontada a necessidade de se ampliar a fiscalização sobre a ANM, por meio de mecanismos de controle social e exigência de maior transparência em sua atuação.</p> <p><b>Uso de tecnologias disponíveis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Imagens de satélites</b> - A extensão territorial do país foi mencionada como um grande desafio para a fiscalização. O uso de satélites para monitoramento por imagens de regiões de garimpo foi apontado como uma alternativa tecnológica à fiscalização direta.</li> <li>- <b>Cruzamento de informações</b> - Com o estabelecimento da exigência de digitalização das informações prestadas pelos vendedores de ouro – e o cruzamento destas com dados da ANM e da Receita Federal –, seria possível a criação de um sistema de alertas para detectar incongruências e identificar regiões onde se faz necessária uma fiscalização mais ostensiva.</li> <li>- <b>Radioisótopos</b> - Foi mencionado o desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade química, a partir do uso de radioisótopos, pela Polícia Federal. A tecnologia permitiria identificar a origem do ouro apreendido, a partir da</li> </ul>
--	---

	<p>comparação com amostras de diferentes regiões do país. No entanto, de acordo com os entrevistados, essa experiência ainda é embrionária, e a tecnologia não poderá ser utilizada em larga escala. Seria um instrumento secundário de rastreamento, somado a um sistema de alertas, a exemplo do uso de monitoramento por satélite e das incongruências identificadas a partir do cruzamento de informações da ANM e da Receita Federal.</p> <p>- <b>Tecnologia <i>blockchain</i></b> – Os entrevistados declararam desconhecimento sobre sistemas de rastreio do ouro com o uso de <i>blockchain</i>.</p>
<p><b>4) O tratamento legal diferenciado entre o garimpo e a mineração industrial perdeu o sentido</b></p>	<p>Quando a Constituição Federal ofereceu tratamento diferenciado ao garimpo, buscou atender a uma dimensão social. No entanto, o garimpo de bateia, com a utilização de meios rudimentares, não é a prática encontrada atualmente. O garimpo hoje é um negócio que envolve grandes investimentos em maquinário. Os trabalhadores do garimpo são mão de obra. Desta forma, perde a razão o tratamento diferenciado estabelecido pela legislação, sendo necessário padronizar os mecanismos de prestação de contas e de controle sobre a cadeia de mineração de ouro como um todo.</p>

## 4.2. Soluções apontadas

Algumas alternativas para o combate à extração e ao comércio de ouro ilegais foram apresentadas nas entrevistas e são abaixo elencadas:

- **Pressão internacional e de consumidores** – As entrevistas revelaram que ainda existe pouca pressão sobre o mercado para adoção de mecanismos de rastreio do ouro. A exigência de certificação e rastreio da cadeia por parte de empresas compradoras e consumidores, sejam internacionais ou nacionais, pode ter grande impacto na busca de soluções.
- **Compromisso e campanha pelo "ouro justo"** – Há a proposta da criação de um compromisso a ser estabelecido com grandes joalherias para que adquiram apenas ouro certificado e uma campanha pública pelo "ouro justo".
- **Repressão ao crime organizado** – Mesmo reconhecendo a importância da introdução de novos mecanismos de controle sobre a primeira aquisição do ouro, as entrevistas apontaram que ampliar as exigências nesta fase seria insuficiente para resolver o problema da exploração e comércio de ouro ilegal. O tráfico de ouro, associado ao tráfico de drogas e de armas, foi apontado como uma outra via de comercialização do garimpo ilegal. Neste sentido, destacou-se a necessidade do fortalecimento de medidas de repressão ao crime organizado.

## 5. Sistemas de rastreio com o uso de tecnologia: *blockchain* e outras soluções

Face aos desafios de fiscalização do mercado do ouro e ao apoio político recentemente direcionado à prática do garimpo, os métodos tradicionais de fiscalização e investigação

criminal, embora de extrema importância, mostram-se saturados como instrumentos para coibir as práticas criminosas que circundam a extração ilegal do ouro.

É fundamental que a sociedade e o Estado brasileiro inovem em busca de sistemas mais eficazes de monitoramento da cadeia produtiva do ouro, nas fases de sua extração e primeira venda, bem como em sua eventual destinação para o mercado – brasileiro ou estrangeiro. Neste sentido, ganha importância a adoção de mecanismos que permitam a rastreabilidade de ponta a ponta da cadeia e o controle descentralizado por inúmeros atores, e não apenas pelo Estado, tal como – mas não exclusivamente – com o uso da tecnologia *blockchain*.

O processo de transformação digital que vivenciamos, acelerado pela pandemia e, mais recentemente, pelo ganho de popularidade do metaverso<sup>18</sup>, elevou a importância da chamada “economia descentralizada”, caracterizada por ecossistemas de negócios baseados em *tokens*<sup>19</sup> implementados em *blockchains*.

A popularização do *blockchain* vem tornando sua implementação cada vez mais simples e menos onerosa, não apenas porque os sistemas descentralizados (os *blockchains*) vêm se multiplicando, mas porque as competências técnicas para operar com este tipo de tecnologia vem se disseminando entre cientistas da computação e engenheiros de software.

Assim, a ideia de usar o *blockchain* para a realização de registros processuais, no âmbito da cadeia do ouro, pode entrar no universo das possibilidades de maneira pertinente. Isso porque

---

<sup>18</sup> Metaverso é um conjunto de tecnologias imersivas, por vezes constituídas sobre plataformas de *blockchain*. Ainda que a relação entre as duas tecnologias não seja obrigatória, o metaverso vem promovendo a popularização da tecnologia *blockchain* ao redor do mundo, o que aumenta o número de profissionais disponíveis para dar manutenção em projetos complexos, reduzindo os riscos associados aos mesmos.

<sup>19</sup> *Tokens* são as unidades digitais de valor baseadas em *blockchain*. Estes podem ser fungíveis, isto é, substituíveis uns pelos outros (como uma nota de R\$ 2,00 é fungível por duas moedas de R\$ 1,00), ou não-fungíveis. Um exemplo de token fungível é o bitcoin, enquanto os não-fungíveis são os famosos NFTs, presentes em plataformas de metaverso, onde servem para identificar propriedades digitais específicas.



essa cadeia enfrenta desafios crônicos, já mencionados neste estudo, tais como a extração ilegal em Terras Indígenas e demais áreas protegidas, além de impactos ambientais e sociais. O uso de tecnologias que aumentem a eficácia e sistemática dos registros informacionais (rastreadabilidade), produzindo maior transparência, além de um conjunto de ações automáticas, pode mitigar o impacto dessa cadeia.

As duas vantagens principais do uso dessa tecnologia são a transparência e auditabilidade dos registros efetuados e a possibilidade de programar contratos inteligentes, capazes de executar ações sem intervenção humana.

Sistemas de rastreadabilidade que adotam o *blockchain* mantêm bancos de dados que não pertencem a um único usuário, mas sim a uma rede inteira. Todas as transações, bem como outras informações relevantes relacionadas à prática de mineração, seriam registradas em um livro contábil (livro razão<sup>20</sup>), que seria atualizado continuamente conforme o produto avançasse nas etapas da cadeia, não podendo ser alterado ou manipulado por terceiros externos. Haveria confiabilidade em relação à integridade dos dados relativos às operações, pois se originariam em uma única fonte, e o banco de dados poderia ser acessado por toda a rede para fins de auditoria.

Antes de explorarmos mais a fundo as possibilidades de adotar o uso de *blockchain* na cadeia do ouro, é importante expormos algumas prerrogativas sobre a natureza e o propósito do *blockchain* e seu uso também na cadeia da madeira.

---

<sup>20</sup> Livro razão é um conceito típico de contabilidade, o qual se refere ao conjunto de entradas e saídas financeiras registradas por uma instituição, para a geração de balanços e auditorias. O *Blockchain* é estruturado como uma espécie de livro razão (“livro contábil”), no qual os blocos representam páginas que ninguém consegue arrancar ou deturpar. Em outras palavras, é umnexo de registros de altíssima resiliência. Esta resiliência é atingida sem a necessidade de se delegar o poder a um agente central (efeito comunidade) e sem que todos os segredos de negócio precisem ser revelados (pseudoanonimato), o que torna a opção atraente para a cadeia como um todo.

### 5.1. Definição e princípios para aplicações do *blockchain*

*Blockchain* é uma tecnologia surgida na primeira década deste século<sup>21</sup>, que visa garantir a validade de registros, sem a necessidade de que exista um ambiente de confiança entre todos os agentes envolvidos nas operações registradas, nem tão pouco um agente organizador com poderes discricionários sobre a cadeia como um todo.

Isto permite que um conjunto de dados transacionais seja imbuído de inviolável confiabilidade e disponibilizado publicamente através de uma rede distribuída de relacionamentos digitais, que gera confiabilidade e segurança a partir da ação incentivada de seus participantes, os quais dão lastro aos eventos computacionais, ao mesmo tempo em que preservam sua real identidade, em todas as circunstâncias legalmente aceitáveis.

Um *blockchain* é uma espécie de banco de dados distribuído, formado por blocos de informação conectados de maneira semelhante ao DNA, cujo encaixe entre os genes nas fitas de cromatina é tão específico a ponto de tornar impossível alterá-lo sem levar ao seu completo desmantelo.

Do ponto de vista conceitual, o *blockchain* representa uma solução para situações em que a divergência de objetivos entre os agentes envolvidos ponha em risco a confiabilidade, sem recorrer a uma autoridade central, como é de praxe nos processos de governança tradicionais.

No caso específico do ouro, considerações sobre o seu uso derivam-se da premissa de que alguns participantes da cadeia, cujos interesses se opõem à transparência completa, ao menos teoricamente, poderiam ter interesse em burlar registros, o que tornaria urgente a adoção de um sistema resiliente a externalidades. No caso do *blockchain*, esse desafio é em grande parte resolvido na maneira como os registros relacionados ao fluxo do minério são armazenados e

---

<sup>21</sup> Cf. Nakamoto, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, último acesso em 02/02/2022.

compartilhados. Isto porque o armazenamento é feito de maneira distribuída pela máquina de todos os participantes da cadeia ou “comunidade”, de nada adiantando alterar um registro num servidor específico (nem a falsificação de um documento, uma vez que cópias do mesmo tenham sido inseridas no *blockchain*).

Do ponto de vista técnico, os *blockchains* atuais tendem a incluir um *software* de interação entre pares (com servidores espalhados por vários locais), um livro contábil digital em que se registram operações diversas, uma máquina virtual que possibilita processar ações automáticas acordadas entre as partes (chamadas de contratos inteligentes) e uma rede de agentes que fazem validações sobre eventos externos aos *blockchains* (chamados de oráculos). Envolvendo e transpondo esse feixe de relações sócio-tecnológicas, existem lógicas de validação e legitimação dos registros presentes no livro contábil.

A ideia básica é garantir acesso simultâneo a tudo o que acontece nessa cadeia para um conjunto específico de agentes autorizados (poder público, entre outros) e, simultaneamente, gerar consensos sobre a autenticidade desses eventos ou operações acessíveis por todos os agentes autorizados.

A geração de consenso – que na prática significa validação das transações a serem incluídas no livro contábil do *blockchain* – possui um papel fundamental para o mesmo, conforme se depreende da descrição acima. Ao contrário do que o termo consenso pode sugerir, não é esperado que todos precisem assentir explicitamente para que estejam concordando com a legitimidade dos registros. A principal contribuição do *blockchain* para as lógicas de coordenação social é o consenso presumido que se dá a partir de dinâmicas de bonificação de agentes dedicados em validar tabelas de dados transacionais, o que se convencionou chamar de “mecanismo de consenso”. Em outras palavras, um sistema de incentivo que estimula uma parte dos membros da comunidade a agir de maneira rigorosa e ágil na verificação dos registros resolve o problema.

Para isso, é recomendado ter como referência Nick Szabo, criador de um mecanismo de consenso chamado “prova de trabalho”, que é um sistema de incentivos que mobiliza agentes que participam da rede a juntar várias transações em um bloco e tentar adicioná-lo à cadeia principal – o que, na prática, envolve um processo de checagem de cada uma delas.

No caso da prova de trabalho tradicional, os incentivos nada mais são do que um prêmio em moedas digitais para quem conseguir resolver primeiro um problema matemático trivial, mas trabalhoso, cuja solução chancela a validade do bloco criado.

Um primeiro ponto a se ter em vista é a importância de se possuir uma estrutura de remuneração dos agentes que trabalharão na auditoria continuada e distribuída da cadeia do ouro (eis o sentido prático do *blockchain*). A sugestão de um *token* próprio para tanto será discutida à frente.

Outro ponto relevante, especialmente sensível quando se trata da cadeia do ouro, é que não faz sentido adotar uma prática de *blockchain* que seja altamente poluente, pelo consumo de energia, além de cara. O recomendado é substituir a prova de trabalho por um modelo chamado de PoS (*proof of stake*), que é um modelo de validação das operações mais moderno, que implica em um menor consumo de recursos para o seu funcionamento.

Este caminho substitui os mineradores digitais, isto é, os validadores dos blocos que entram no livro contábil do *blockchain*, com seus pesados investimentos em eletricidade e maquinário, por um sorteio no qual a probabilidade de ser escolhido aumenta na proporção da quantidade de moedas digitais sob posse do interessado, que então terá como reforço negativo a chance de perder riqueza se validar transações erroneamente e, como reforço positivo, a quase certeza do prêmio, já que não há competição.

Uma evolução desse mecanismo (DPoS) envolve a seleção de alguns representantes ou delegados com direito exclusivo de participar em tais sorteios. De um lado, o DPoS reduz ainda mais o gasto energético e aumenta a velocidade de validação dos blocos transacionais. Mas, de outro lado, abre espaço para elegibilidades cada vez mais seletivas. Os prós e contras de ambos os modelos serão discutidos adiante neste estudo.

Antes, porém, vale ter em vista que os registros deverão ter sentido instrumental para a verificação da integridade da cadeia e que a prática indica que alguns dados deverão estar obrigatoriamente registrados.

Vale retomar o paradigma estabelecido por Stuart Haber e Scott Stornetta, funcionários dos Laboratórios Bell. O ano era 1990. No ano anterior, Tim Berners-Lee havia inventado a *World Wide Web*, e a dupla intuía, corretamente, que os desafios relativos à preservação da propriedade intelectual e afins iriam se generalizar.

Haber e Stornetta conceberam, assim, um serviço digital em que cada documento gera uma sequência de letras e números, de tamanho constante, conhecida como *hash*, que então incorpora o horário de sua criação e, finalmente, o *hash* do documento anterior. Essa última etapa é de especial importância, uma vez que força quem quiser alterar maliciosamente um documento a também alterar o anterior (para que as divergências entre os dois registros do seu *hash* não transpareçam) e assim por diante, até o primeiro documento incluído no serviço. Em 1994 resolveram colocar a ideia em prática comercialmente, por meio de um serviço privado que, além de armazenar os arquivos, gerava e mantinha os *hashes*, para assegurar que permanecessem invioláveis.

Havia, porém, uma questão em aberto. Como garantir que até mesmo os gestores do serviço, isto é, eles próprios, que tinham acesso aos discos rígidos, não seriam capazes de adulterar a cadeia de *hashes* e, com isso, os documentos? A solução a que chegaram foi a publicação

semanal de um *hash* de todos os *hashes* da semana na seção de achados e perdidos do jornal “*The New York Times*”.

A ideia funciona porque, para passar despercebido com uma adulteração desse *hash*, seria necessário sumir com todos os exemplares do jornal da semana anterior e assim por diante, até a primeira publicação. O serviço foi para frente e durou quase dez anos, gerando o modelo básico para a preservação de registros canônicos de forma não centralizada, no que se convencionou chamar de “*block of chain*” (bloco de cadeia).

A aplicação dos princípios desenvolvidos por Haber e Stornetta à cadeia do ouro é clara: dado um fluxo da mercadoria, com diferentes etapas, assume-se que, em cada uma, haveria o registro temporal (*time stamp*) do momento de chegada e saída, o qual geraria um código (*hash*) usando os dados do momento anterior, além de marcadores típicos e insubstituíveis, como por exemplo, registros visuais da etapa de extração, placas dos veículos usados no transporte, códigos de barras oriundos do beneficiamento (mais sobre isso à frente) e registro legal concernente para a comercialização do minério.

Em sua destinação final, em âmbito comercial, o registro (*hash*) deve seguir pertinente, conectando-se às notas fiscais emitidas. Desse modo, seria possível fazer o caminho inverso com facilidade, acessando o *QR code* presente em uma joia de ouro, por exemplo, e, a partir de um fluxo digital de geração automática, segui-lo até a fase de extração.

Um conceito em alta no universo do *blockchain* é o da construção de diferentes aplicações (*apps*) sobre os protocolos *blockchain*. Essas aplicações são chamadas de DAPPS (*Decentralized Applications*). No caso da cadeia do ouro, seria necessário criar aplicações do tipo para receber as informações em todas as fases da cadeia de maneira auditável e distribuída.

## 5.2. O uso de *blockchain* na indústria da madeira

A rastreabilidade por meio da tecnologia de *blockchain* já é utilizada na indústria madeireira. Muitos países produtores de madeira possuem regulamentação que proíbe o uso e comercialização de produtos de origem ilegal e obriga a adoção de um sistema interno de *due diligence* para quem fornece produtos e derivados de madeira no mercado, inclusive com a necessidade de certificar a origem do produto e o rastreamento de seus fluxos.<sup>22</sup> Existem dois sistemas de certificação para o manejo florestal sustentável: o *Forest Stewardship Council* (FSC)<sup>23</sup> e o Programa Internacional para o Endosso de Sistemas de Certificação Florestal (PEFC).<sup>24</sup>

No entanto, tal como ocorre na indústria do ouro, grande parte das cadeias de suprimento relacionadas aos produtos florestais dependem de documentação em papel, incluindo faturas, certificações de embarque e outras documentações comerciais. Consequentemente, os sistemas de rastreio baseados em papel ampliam o risco de fraudes devido à adulteração ou

---

<sup>22</sup> e.g. Regulamento (UE) N° 995/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de outubro de 2010, que fixa as obrigações dos operadores que colocam no mercado madeira e produtos da madeira, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0995&from=EN>>.

<sup>23</sup> Informações sobre a Certificação de Cadeia de Custódia do FSC estão disponíveis em <<https://fsc.org/en/chain-of-custody-certification>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021.

<sup>24</sup> Informações sobre a Certificação de PEFC estão disponíveis em <<https://www.pefc.org/what-you-can-do/get-certified>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021. O Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor) foi endossado pelo Programa Internacional de Endosso de Sistemas de Certificação Florestal (PEFC). Informações sobre o Cerflor estão disponíveis em <<http://inmetro.gov.br/qualidade/cerflor.asp>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021. Da mesma forma, a Indústria Brasileira de Árvores (Ibá) é membro do FSC em nível nacional e internacional, e faz parte dos Comitês Técnicos do CERFLOR/PEFC, tendo papel ativo no desenvolvimento da certificação florestal nacional e internacional. As empresas associadas à Ibá recebem certificações obtidas por meio de auditoria externa independente conduzida por órgãos certificadores que avaliam todas as etapas – desde a produção de mudas, plantio e colheita até a fábrica – e realizam avaliações relacionadas a impactos no meio ambiente e nas comunidades do entorno, na saúde do trabalhador e na segurança, bem como o cumprimento da legislação municipal, estadual e federal. Mais informações estão disponíveis em <<https://iba.org/certificacao>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021.

falsificação da documentação.<sup>25</sup> Portanto, nota-se nesse momento, também no setor madeireiro, a busca por soluções de tecnologia de *blockchain* para rastreamento da madeira ao longo de toda a cadeia de abastecimento.

O tipo de *blockchain* mais adequado para a madeira é baseado em sensores de identificação por radiofrequência (RFID)<sup>26</sup> e tecnologia de código aberto<sup>27</sup>, capazes de registrar transações em um livro razão digital descentralizado e distribuído, impossibilitando sua adulteração. Essas transações são então registradas como uma cadeia de blocos de dados, por meio de um protocolo de consenso que define a veracidade e a integridade dos dados de cada transação antes que ela possa ser registrada no livro razão. As informações no livro razão são acessíveis e visíveis por vários participantes da rede, ao mesmo tempo que os mantêm protegidos contra alterações não autorizadas.

Um exemplo de tecnologia de *blockchain* voltada à madeira, atualmente em desenvolvimento pelo *Forest Stewardship Council* (FSC),<sup>28</sup> visa fornecer uma garantia confiável de que a madeira

---

<sup>25</sup> “Just around the block – Blockchain and revolutionizing compliance in supply chains”, FSC Site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://fsc.org/en/newsfeed/just-around-the-block-blockchain>>..

<sup>26</sup> A identificação por radiofrequência (RFID) é uma forma de comunicação sem fio que utiliza ondas de rádio para identificar e rastrear passivamente objetos através do uso de *tags* e leitores de *tags*. Ela permite aos usuários transmitir informações via ondas eletromagnéticas de uma *tag* para um leitor fixo ou portátil que está ligado a um computador. A etiqueta (ou *transponder*) pode conter um transmissor e um receptor para a comunicação com os leitores.

<sup>27</sup> Simone Figorilli, Francesca Antonucci, Corrado Costa et al., *A Blockchain Implementation Prototype for the Electronic Open Source Traceability of Wood along the Whole Supply Chain* (Sensors, 2018, 18, 3133), acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://www.researchgate.net/publication/327706251\\_A\\_Blockchain\\_Implementation\\_Prototype\\_for\\_the\\_Electronic\\_Open\\_Source\\_Traceability\\_of\\_Wood\\_along\\_the\\_Whole\\_Supply\\_Chain](https://www.researchgate.net/publication/327706251_A_Blockchain_Implementation_Prototype_for_the_Electronic_Open_Source_Traceability_of_Wood_along_the_Whole_Supply_Chain)>.

<sup>28</sup> FSC Site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://fsc.org/en/newsfeed/just-around-the-block-blockchain>>.



vendida com o selo FSC é originada de um manejo florestal sustentável e responsável por meio da certificação de sua cadeia de custódia. A plataforma de verificação digital FSC *Blockchain* Beta tem como objetivo lidar com alegações de fraude e facilitar a rastreabilidade e a conformidade comercial de materiais com base no padrão da cadeia de suprimentos da cadeia de **custódia do FSC**.<sup>29</sup>

### 5.3. Uso de *blockchain* na indústria do ouro

As tecnologias existentes de *blockchain* aplicadas ao rastreo do ouro variam em relação aos métodos empregados. Uma das mais modernas envolve o rastreamento físico do minério, que é marcado por uma substância química (um isótopo de prata), a qual é sensível a determinadas frequências luminosas (ultravioleta, por exemplo). Assim, um pequeno diodo luminoso é usado para fazer um registro do ouro in situ, o qual é convertido em um código alfanumérico, que só pode ser lido com um dispositivo capaz de interpretá-lo. Esta técnica vem sendo chamada de código de barra molecular.

Para dar segurança e transparência, esse código de barras pode ser registrado no *blockchain*, junto com informações básicas sobre a origem e procedência. Além do mais, este também pode ser combinado a registros dos dispositivos de armazenamento e transporte, por meio de uma combinação de *QR code* e RFID.

Algo desse tipo foi recentemente desenvolvido pela australiana Security Matters Ltd., em parceria com a Perth Mint.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> Outras tecnologias de *blockchain* de madeira que estão atualmente em desenvolvimento incluem o projeto conjunto da ONG Preferred by Nature e a start-up da Fintech iov42, disponível em <<https://preferredbynature.org/blockchain>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021; e o grupo ChainWood da Espanha, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.ledgerinsights.com/spain-plans-blockchain-wood-traceability/>>.

<sup>30</sup> Instituto Escolhas, *Levantamento de melhores práticas para sistemas de rastreabilidade da cadeia do ouro ao redor do mundo*, Relatório de Pesquisa, 2021; Lorna Nicholas, *Security Matters and Perth Mint to establish 'world*

Uma outra abordagem, muito mais simples e pouco sensível a desvios, mas relevante para aumentar a transparência em transações internacionais, envolve *tokens que fazem referência direta ao ouro físico*, muitas vezes de maneira não-fungível (para garantir que se trate de um lote específico do minério). Assim, é possível transportar *tokens* ao invés do ouro em si, fazendo a conversão no destino.<sup>31</sup>

Exemplo dessa tecnologia é o *blockchain* do VaultChain™, que foi desenvolvido no Canadá pela empresa Tradewind Markets. Todas as informações e atividades da cadeia de suprimentos são registradas digitalmente no banco de dados de *blockchain* do VaultChain™, enquanto o ouro físico é armazenado em uma relação “*baylor-bailee*” (uma espécie de depositário do produto, com responsabilidades sobre sua guarda) com a Casa da Moeda do Canadá (Royal Mint) até que seja solicitado pelo beneficiário final.<sup>32</sup>

O *blockchain* do ouro pode, inclusive, trazer variações no preço final do metal específicas a lotes particulares, já que as informações disponibilizadas permitiriam agregar na composição do preço, além do valor de mercado, também o custo ambiental de uma produção cujo processo tenha levado a impacto mais elevado, por exemplo. O conceito poderia significar um desincentivo eficaz em relação a processos extrativos com impacto socioambiental, uma vez que se soubesse de antemão que tal custo seria absorvido pelo produto comercializado. Quanto às transações, as taxas de *blockchain* tendem a ser mais baratas do que aquelas associadas às instituições financeiras tradicionais, já que não há intermediários ou autoridades centrais estabelecendo taxas sobre transações.

---

*first' traceable mine to market gold solution*, 29 de julho 2020, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://smallcaps.com.au/security-matters-perth-mint-establish-world-first-traceable-mine-market-gold-solution/>> .

<sup>31</sup> “*Gold on a blockchain? What, how and why*”, *FinTech Magazine*, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://fintechmagazine.com/venture-capital/gold-blockchain-what-how-and-why/>>.

<sup>32</sup> Tradewind Markets site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://tradewindmarkets.com/platform/vaultchain-gold/>> .

O *blockchain* parece oferecer novas soluções para promover a rastreabilidade. No entanto, para que a tecnologia tenha impacto significativo, precisará ser aplicado por um número relativamente grande de atores da cadeia que compartilham o entendimento de definições, conceitos e atributos de dados. Atualmente, apenas um número limitado de atores ao redor do mundo aplica a tecnologia. Além disso, as tecnologias de *blockchain* emergentes ou existentes são de tipos diferentes e não necessariamente “dialogam” entre si, de modo que ainda não são capazes de colaborar na troca de dados.<sup>33</sup>

#### **5.4. DLTs vs. *blockchains*: a solução ideal para a cadeia do ouro**

Conforme previamente definido, o *blockchain* é uma tecnologia que permite que um conjunto de dados seja imbuído de alta confiabilidade, dada a natureza do livro contábil que implementa, e disponibilizado publicamente. Isso é feito através de uma rede distribuída de relacionamentos digitais, que gera segurança a partir da ação incentivada de seus participantes, os quais dão lastro aos eventos computacionais (os registros), ao mesmo tempo em que preservam sua real identidade, em todas as circunstâncias legalmente aceitáveis.

A essência do seu funcionamento é o mecanismo de consenso, ou seja, o reconhecimento do caráter válido/inválido das transações por agentes da própria cadeia.

Há duas limitações nessa estrutura: é impossível estabelecer limites à transparência (ou seja, rigorosamente qualquer um pode acessar todas as operações) e a geração de consensos depende da participação dos envolvidos, o que a torna dependente da existência dos mesmos. Por isso é que se diz que *blockchain* sem “comunidade” não existe.

---

<sup>33</sup> *Responsible Minerals Initiative Blockchain Guidelines* (Second Edition, 2020), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI%20Blockchain%20Guidelines%20-%20Second%20Edition%20-%20March%202020%20FINAL.pdf>>. Para uma iniciativa para criar um padrão em tecnologias de *blockchain* e ledger distribuído, consulte ISO/TC 307, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.iso.org/committee/6266604.html>>.

Na iniciativa privada e em outros contextos, vem se desenvolvendo o conceito de rede permissionada, que adapta a tecnologia *blockchain*. Incontáveis desafios de *compliance*, controle, *accountability* e alimentação de sistemas decisórios (*decision support systems – DSS*) podem ser abordados por meio dessas adequações, que se justificam dado que, dentro de uma instituição governamental ou corporação, a premissa de que os dados são sempre públicos nem sempre se sustenta, bem como a de que seria importante preservar o anonimato dos agentes que tomam parte na rede.

Nessas situações, o que se almeja é a inviolável confiabilidade dos registros, a resiliência da rede e a habilidade de se usar os dados registrados para alimentar sistemas decisórios e estruturas de controle, *compliance* e *accountability*.

Tais desafios demandam versões mais centralizadas do *blockchain*, as quais vêm sendo chamadas de DLT (*Distributed Ledger Technology*).

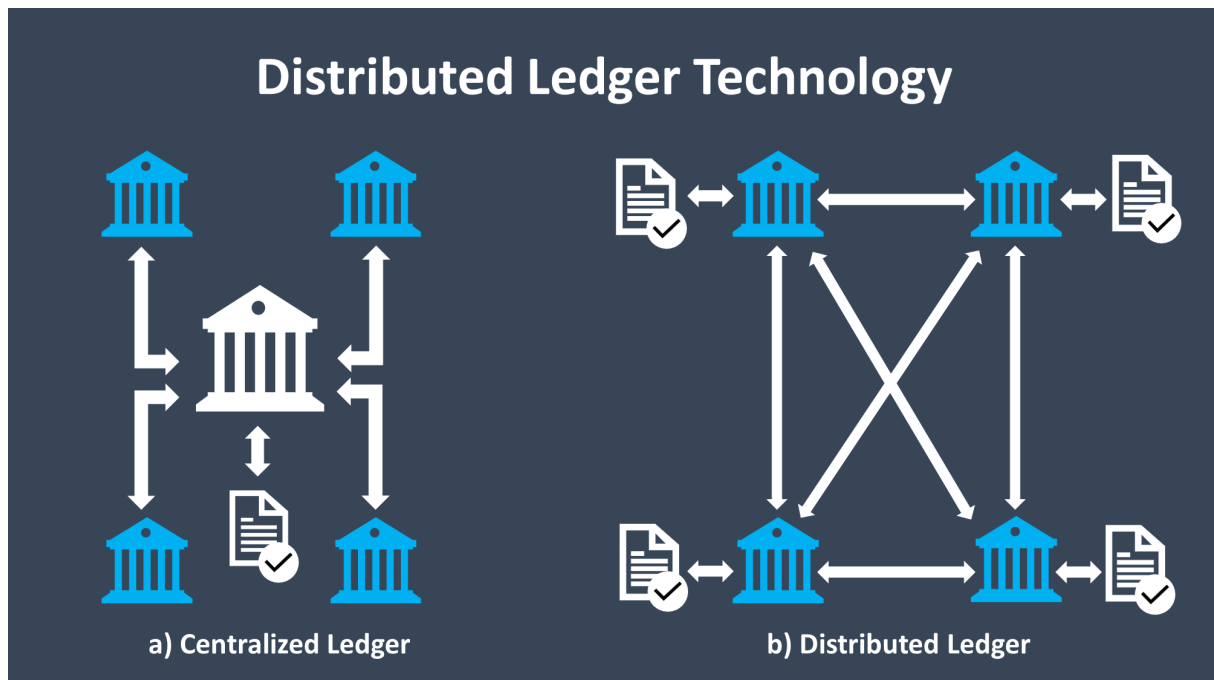


Figura II. Representação de um DLT. Fonte: whichblockchain.com.

Atualmente, os principais bancos centrais, além dos maiores bancos do mundo (Banco da Indústria e Comércio da China; Banco da Construção da China, Banco da Agricultura da China, Banco da China, Mitsubishi Bank, JPMorgan e HSBC) e muitas das maiores empresas do mundo (Apple, Amazon, Alphabet, Microsoft, Facebook e Alibaba) estão desenvolvendo projetos de DLT.

Isso se aplica a muitos *players* de outros setores relevantes da economia global, como óleo e gás, agricultura, metalurgia e logística. A razão para tanto é clara: DLTs eliminam os principais gargalos à transparência interna, otimizando dramaticamente as operações, cortando custos e diminuindo a chance dos envolvidos questionarem a idoneidade das transações, o que naturalmente envolve gastos jurídicos e judiciais.

A maneira mais simples de conceber um DLT é tomá-lo por um banco de dados distribuído e descentralizado, que se expande sem a necessidade de uma autoridade centralizada para autorizar, validar ou autenticar transações, mas que ao mesmo tempo não exhibe dados sensíveis para agentes não autorizados. Na comparação com os *blockchains* públicos, os DLTs destacam-se ainda por terem velocidade de processamento e registro superiores, menores custos de funcionamento e geração, além de consenso e controles de privacidade.

Assim, a melhor recomendação é para que a cadeia do ouro tenha seus registros feitos em um DLT – e não em um *blockchain*. Essa rede deve ser permissionada para os entes do Poder Público e para as empresas envolvidas. A lógica ideal para o consenso é o DPoS, sendo que os validadores ou delegados devem ser os entes envolvidos.

Recomenda-se ainda que os oráculos, isto é, as consultas externas, como por exemplo, às bases da Receita Federal, bolsas de *commodities* e afins, sejam realizados pelo Poder Público

ou pelo Terceiro Setor, jamais ficando exclusivamente ao cargo das empresas, para evitar conflitos de interesse.

### **5.5. Registros no DLT da cadeia do ouro**

A determinação dos registros de informações contidos no DLT da cadeia do ouro deve se iniciar antes mesmo da mineração, abarcando todos os pontos nodais da extração e circulação do minério.

Do ponto de vista dos entes, a operacionalização inteira deve ocorrer de maneira móvel, usando um só aplicativo, que na prática servirá de porta de entrada ao DLT, nas fases abaixo descritas.

**Autorizações para a mineração:** as autorizações para a mineração de ouro, sejam Concessões de Lavra (CL) ou Permissões de Lavra Garimpeira (PLG), são concedidas e registradas digitalmente pela Agência Nacional de Mineração. Os documentos têm períodos de vigência (no caso da PLG com validade de cinco anos, que podem ser renovados) e também informações sobre a área concedida ou autorizada.

As autorizações são essenciais para a credibilidade de todas as ações subsequentes, de modo que é recomendado que sejam digitalizadas e registradas no novo aplicativo (DAPP) para rastreamento da cadeia do ouro, em conjunção com os períodos de validade, tamanho das áreas e localização.

O mesmo processo também deve ser implementado para os requerimentos e autorizações de Pesquisa Mineral desde o início e antes de qualquer atividade na área. Além disso, todas as

licenças ambientais e outros documentos e autorizações relacionadas devem ser igualmente registradas no mesmo aplicativo, que as enviará para o DLT.

**Fase de extração:** os livros registro atualmente utilizados precisarão ser informatizados. Sua estrutura digital deve ser desenvolvida para usar ao máximo registros fotográficos automáticos, internet das coisas e registros temporais (*time stamping*) sincronizados (sensores, agentes envolvidos na extração, internet). Esses registros (oráculos automatizados) devem ser inseridos diretamente no DLT, sem qualquer possibilidade de adulteração, o que na prática significa que devem ser incorporados ao aplicativo usado para o sistema de rastreo.

**Beneficiamento:** em todos os processos de beneficiamento (britagem, peneiramento, moagem, classificação e outros), devem ocorrer registros automáticos dos equipamentos e operadores (logs de uso, *time stamp*, registros no próprio ouro e afins), a partir do aplicativo, que os enviará para o livro registro da DLT concernente.

**Refino:** a fundição do ouro deve ser precedida pelo registro em um *checkpoint*, ou seja, ponto de registro no sistema, associado ao registro dos operários envolvidos e dados de pesagem, além de outros parâmetros físico-químicos, conforme descrito no tópico Código de Barras Molecular.

**Transporte:** ao longo das diferentes etapas de transporte do ouro, é preciso que os veículos e as pessoas envolvidas no transporte tenham placa ou identificador único e documento registrados eletronicamente de maneira análoga. Um leitor de RFID deverá ser implementado no aplicativo para converter os caracteres em letras e números, incluindo os documentos de motoristas e auxiliares. Estes dados devem ter checagem automática através da integração de instituições competentes e os registros (*logs*, com as ID associadas) devem ser armazenadas no DLT.

**Destinação:** o último estágio de registro deve se dar na esfera de venda desse ouro, o que permitirá que a cadeia seja acessível de ponta a ponta. O CNPJ do comprador deve ser registrado, junto com a identidade do comprador, *time stamp* e dados afins.

**Código de barras molecular:** a questão mais sensível de todas, no âmbito da manutenção da integridade da cadeia do ouro, é a do registro do próprio minério.

Hoje em dia, uma solução eficiente e de fácil implementação vem sendo usada no contexto da metodologia TrueGold, desenvolvida pela Security Matters, da Austrália. Ela opera gerando uma espécie de código de barras invisível, que se mantém tanto no estado sólido, quanto no líquido, marcando permanentemente o minério. O registro deve ser marcado no DLT no momento da originação e ser reafirmado nos outros pontos da cadeia para garantir que nenhum desvio aconteça.

Vale destacar que a solução da Security Matters não é baseada em uma patente própria, mas sim em uma metodologia descrita em artigos científicos<sup>34</sup>. Ela se baseia na associação de elementos como nanopartículas de prata marcadas (isótopos) e análogos, que respondem à luz em frequências específicas (mais precisamente, à espectroscopia). Desse modo, torna-se possível marcar o ouro permanentemente, sem alterar sua estrutura, nem lhe subtrair valor.

Acima de qualquer outro, o método é recomendado para implementar marcadores do minério a serem subsequentemente registrados no DLT do projeto.

---

<sup>34</sup> Martinez-Farina et al., "Chemical barcoding: a nuclear-magnetic-resonance-based approach to ensure the quality and safety of natural ingredients", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, acessado em 10 de fevereiro de 2022, <<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.9b01066> >; Smith, A. et Skrabalak, S., "Metal nanomaterials for optical anti-counterfeit labels", *Journal of Materials Chemistry C*, acessado em 10 de fevereiro de 2022, <<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/tc/c7tc00080d/unauth>>.



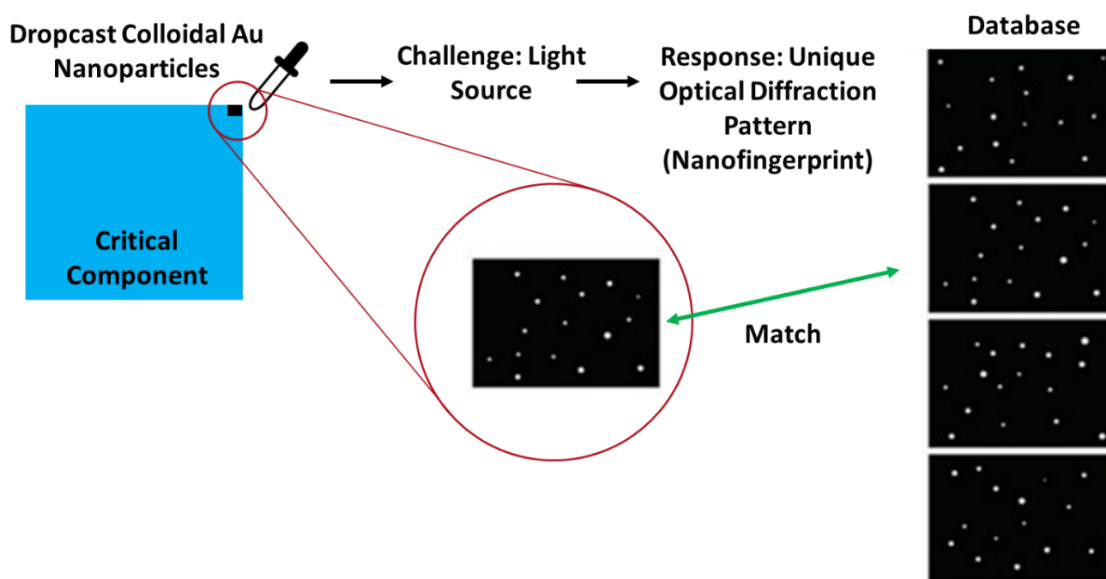


Figura III. Modelo de código de barras para metal, usando uma mistura coloidal de nanopartículas de prata. Conforme o esquema, elas apresentam um padrão específico de difração da luz, em face do qual o lote do metal pode ser identificado.<sup>35</sup>

A introdução de uma metodologia de marcação do ouro é imperiosa para a eliminação dos desvios da cadeia do ouro. O uso da técnica de código de barras molecular, isto é, que envolve um marcador isotópico (no caso, um isótopo de prata para marcar o ouro) insere-se num campo de aplicações amplas de traçadores químicos, no Brasil e no exterior. De qualquer maneira, é recomendado que o projeto de marcação do ouro seja apoiado por um projeto científico, o qual compreenda departamentos de químicas das grandes universidades nacionais, que contam com profissionais qualificados para tanto.

Benefícios da combinação da marcação do ouro com código de barras molecular e DLT:

- Mitigação de riscos;

<sup>35</sup> Smith, A. et Skrabalak, S., "Metal nanomaterials for optical anti-counterfeit labels", *Journal of Materials Chemistry C*, acessado em 10 de fevereiro de 2022, <<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/tc/c7tc00080d/unauth>>.

- Combate ao desvio de mercadoria;
- Combate à sonegação fiscal;
- Combate ao desmatamento;
- Auditabilidade;
- Melhora da experiência do consumidor de joias e afins;
- Produtividade.

Conforme é de se notar, o DLT da cadeia do ouro deve armazenar informações de diferentes naturezas, de maneira distribuída e inviolável, em função de fluxos pré-definidos ou customizados, gerando custódias informacionais de base cronológica, nas quais as identidades-chave estejam todas registradas, de modo a impedir desvios e adulterações documentais, como veremos com mais profundidade na seção a seguir.

### **5.6. Regras de negócios na DLT da cadeia do ouro**

O que caracteriza a rastreabilidade, conforme mencionado acima, é a sequência de etapas com *checkpoints* definidos, ou seja, pontos de controle para o registro das informações críticas à transparência da cadeia.

Abaixo apresentamos um modelo de *workflow* para a cadeia do ouro proposto pela *Singapore Bullion Market Association* (SBMA), uma entidade de Singapura que congrega os principais *players* envolvidos na cadeia do minério no país.

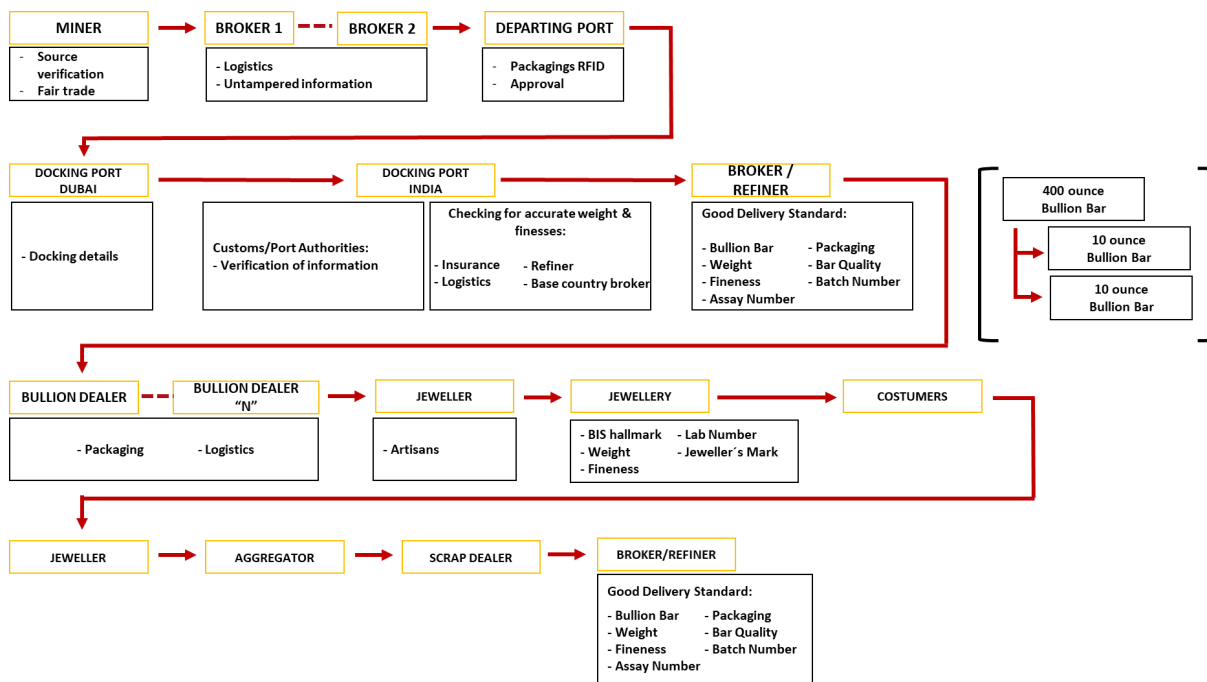


Figura IV. *Workflow* na DLT do ouro da SBMA (Singapura)<sup>36</sup>

De acordo com a SBMA, fora as etapas de licenciamento, mineração e beneficiamento e os diferentes fluxos de transporte e comercialização (os quais não são exatamente como os nossos), o que se destaca é a presença de diferentes atravessadores e negociadores (“*brokers*” e “*dealers*”), cuja ação precisa ser objeto central de um projeto de rastreabilidade usando DLT.

A ação desses agentes é baseada na exploração de assimetrias de preço (compra/venda), de modo que a uma visão transacional 100% aberta para todos os participantes da cadeia pode erodir o seu valor. Assim, a entidade de Singapura implementou a *Shine platform*, uma DLT, com diferentes camadas permissionadas e restritivas que, entre outras coisas, permite que as negociações fluam, ao preservar os interesses destes agentes.

<sup>36</sup> Abhinav Ramesh. *Bringing About Traceability to the Gold Industry*, acessado em 8 de fevereiro de 2022, <[https://www.sbma.org.sg/media-centre/publication/crucible-issue-13/bringing-about-traceability-to-the-gold-in-dustry/#:~:text=Specifically%20for%20gold%2C%20blockchain%20can,Bullion%20Market%20Association%20\(LB%20MA\).&text=This%20can%20further%20be%20leveraged,to%20help%20improve%20gold's%20traceability](https://www.sbma.org.sg/media-centre/publication/crucible-issue-13/bringing-about-traceability-to-the-gold-in-dustry/#:~:text=Specifically%20for%20gold%2C%20blockchain%20can,Bullion%20Market%20Association%20(LB%20MA).&text=This%20can%20further%20be%20leveraged,to%20help%20improve%20gold's%20traceability)>. A imagem foi refeita mantendo-se o conteúdo para propiciar melhor nível de leitura neste relatório.

Em outras palavras, não basta criar um DLT para registro das informações, com transparência entre os agentes (considerando-se, inclusive, a necessidade de um mecanismo de validação das operações, o qual deve envolver os participantes da cadeia); é preciso implementar conjuntamente as regras de negócio, considerando os interesses comerciais de todos os agentes.

Dito isto, um aspecto interessante da plataforma da SBMA é a existência de uma camada de APIs (aplicativos) para que as empresas participantes possam ligar seus sistemas de gestão (conhecidos como ERPs) e sistemas de pagamento, agilizando os processos transacionais.

### **5.7. Identidades e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**

O fluxo de processos proposto é inteiramente digital e se caracteriza por alto grau de transparência e auditabilidade. Ele, por sua vez, pode convergir para uma situação desfavorável, em que agentes que não desejem mais participar tenham seus dados permanentemente registrados no DLT (já que estes são imutáveis).

Por isso, a implementação de um projeto como esse deve ser acompanhada por documentos que esclareçam estes pontos para os entes, fazendo-os consentir com os mesmos à luz da LGPD (e da situação de imutável transparência que se coloca).

### **5.8. Contratação e manutenção de oráculos**

Os já mencionados oráculos são agentes (humanos ou máquinas/API), responsáveis por registrar informações de fora do DLT (*off-chain*) para dentro do mesmo (*on-chain*), onde irão

adquirir o *status* de imutáveis. Assim, oráculos são estruturas exógenas ao DLT. Porém, como confiar neles?

A solução para o problema, na cadeia em tela, passa, no caso de um sistema de rastreabilidade exigido pelo Poder Público, na definição dos agentes responsáveis por trazer de fora as informações críticas (quando necessário). E, no caso da implementação voluntária pelas empresas privadas, na criação de uma associação ou correspondente que incorpore o projeto da DLT da Cadeia do Ouro e que tenha seus próprios mecanismos de eleição dos agentes responsáveis (de maneira remunerada).

## **6. Mecanismos de controle sobre a cadeia do ouro: recomendações para seu aprimoramento**

A partir das entrevistas realizadas, da análise da legislação em vigor, da revisão bibliográfica e da análise das tecnologias existentes, foram identificados caminhos para a ampliação dos mecanismos de controle sobre a cadeia do ouro e a possibilidade de sua rastreabilidade, da extração até o consumidor final.

A primeira proposta se relaciona à criação de um sistema público de rastreio do ouro. A segunda, trata da possibilidade de implementação de mecanismos de rastreabilidade e transparência pela via da autorregulação do setor. Estes caminhos não são excludentes e podem, inclusive, representar fortalecimento recíproco dentro de uma estratégia de transição do setor. Verificada a predisposição por parte do setor de aderir a um sistema de rastreabilidade, ele poderia começar a ser implementado de forma organizada pelo próprio setor pela via da autorregulação. Isso poderia ser um forte estímulo para a regulamentação pública, a partir de uma experiência em curso.

Enfatizamos que, ao lado de uma maior rigidez nas regras de controle da cadeia, oferecer estímulo àqueles que se propõe a ser mais transparentes pode ampliar a efetividade das mudanças pretendidas. Para isso, ações conjugadas, que incluam a ampliação das exigências por parte da comunidade internacional e de consumidores no Brasil, bem como um sistema nacional de certificação de origem, são algumas das propostas apresentadas.

## **6.1. Sistema público de rastreio**

### **6.1.1. Governança e competências**

A ANM é o órgão competente para a implementação de um sistema público de rastreio na cadeia do ouro. Esta competência específica deriva de competências mais gerais previstas no art. 2º da Lei 13.575/2017, entre as quais a de fiscalizar a atividade de mineração (XI) e de normatizar e reprimir as infrações à legislação e aplicar as sanções cabíveis (XXIX).

A governança para a implementação de um sistema público de rastreio, no entanto, deve ser compartilhada com outros órgãos públicos envolvidos com a cadeia do ouro e seus impactos socioambientais. Isso não significa que todos os dados são compartilhados e acessíveis ao público, mas sim que as partes relevantes interessadas podem monitorar e rastrear o comércio de ouro. Desta forma, o Banco Central do Brasil, por exemplo, não deve ser eximido da responsabilidade de devida diligência do ouro por ele adquirido ou pelas instituições por ele autorizadas, quando existem evidências de que a atuação dessas instituições está abrindo margem para a aquisição de ouro de origem de garimpos ilegais. A cooperação com órgãos de proteção do meio ambiente e de direitos indígenas também se faz necessária para fortalecer e qualificar a atuação da ANM.

### 6.1.2. Informações disponíveis e necessárias

A criação de um sistema de rastreio do ouro de ponta a ponta, que permita identificar que o minério não advém de áreas sem autorizações, com restrições ambientais ou de Terras Indígenas, por exemplo, deve ser capaz de identificar:

- O título minerário, sua validade e dados de produção correspondentes;
- Pessoas autorizadas a realizar a venda do ouro;
- Pessoas autorizadas a realizar a compra;
- O volume/massa de ouro bruto vendido;
- Informações financeiras e fiscais relacionadas à operação.

É importante que um eventual sistema de rastreio seja capaz de possibilitar o cruzamento de dados públicos disponíveis e inclua um sistema de alertas, que permita identificar informações suspeitas ou conflitantes e protocolos para garantir investigação e responsabilização quando necessárias.

A digitalização das informações prestadas é medida fundamental. Neste sentido, seria um avanço a aprovação do PL 836/21, que propõe a alteração da Lei 7.766/89 e o estabelecimento de exigência de digitalização de documentos<sup>37</sup>. Atualmente a ANM está regulamentando alguns procedimentos para ampliar sua base de informações que podem contribuir para um sistema de rastreio. Uma das iniciativas é a criação de um Cadastro Nacional do Primeiro Adquirente de Permissão de Lavra Garimpeira. De acordo com o órgão, o objetivo é "conhecer, registrar e manter o banco de informações dos contribuintes da Compensação Financeira pela

---

<sup>37</sup> O Projeto de Lei 836/2021 foi elaborado com a assessoria técnica do Instituto Escolhas e protocolado no Senado Federal pelo senador Fabiano Contarato (Rede/ES). Disponível em: <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/PL-836-2021.pdf>>.

Exploração de Recursos Minerais – CFEM, compradores de qualquer substância garimpável que segue o regime de PLG, como por exemplo, ouro, pedras preciosas, cassiterita, columbita, entre outros". Outra iniciativa mencionada nas entrevistas realizadas durante este estudo é o cadastro de garimpeiros e pessoas vinculadas ao título minerário com autorização para realizar a primeira venda.

Válido ressaltar que empresas comercializadoras de ouro não possuem previsão legal para a compra de ouro de garimpos como mercadoria, uma vez que o ouro dos garimpos recebe o tratamento de ativo financeiro e, portanto, deve ter como seu primeiro adquirente uma instituição autorizada pelo Banco Central. Existem iniciativas em tramitação no Congresso Nacional que tentam regulamentar a compra pelas comercializadoras, como o PL 6.432/19, que propõe a alteração da Lei 12.844/13 para regulamentar operações de ouro como mercadoria. De todo modo, essa previsão ainda não é válida.

### **6.1.3. Escolha tecnológica**

A implementação de um projeto para mitigar a incidência de externalidades negativas na cadeia do ouro tem sido uma pauta nacional e global por décadas. Com a aceleração do progresso digital e de outras tecnologias nos últimos anos, isso começou a ser possível, tal como se observa em países como Austrália e Singapura.

A criação de um sistema de rastreamento da cadeia do ouro deve fazer uso de inteligência e pode fazer a conjugação de diversas tecnologias, cuja oportunidade e conveniência devem ser avaliadas pelo órgão implementador.

Na criação do sistema de rastreabilidade, é importante garantir a confiabilidade das informações registradas, bem como transparência e diferentes níveis de controle. Por isso, o



uso de *blockchain* em um esquema de DLT (*Distributed Ledger Technology*) é recomendável, garantindo a inalterabilidade dos registros realizados.

O sistema também deve possibilitar o cruzamento de informações de diferentes órgãos públicos (ANM, Banco Central, Receita Federal, etc.) e incluir alertas de informações suspeitas ou conflitantes.

A base para tanto deve ser o registro sistemático do minério e agentes relevantes da cadeia, em *checkpoints* estratégicos, ou seja, em pontos de controle no sistema. No centro desta abordagem estão duas medidas: a criação de um único aplicativo (DAPP), com múltiplas camadas de acesso; ferramentas digitais para a leitura dos registros em embalagens e outros meios (usando RFID) e afins; e a marcação do ouro com o chamado código de barras molecular.

Ainda, é preciso que sejam elegidos os oráculos, que são os agentes atribuídos do direito de inserir dados de fora no DLT e de resolver as pendências que porventura surjam.

O uso de outras tecnologias disponíveis também deve ser avaliado na criação do sistema, seja de forma integrada ou complementar. Como exemplo, destacamos:

- Monitoramento via drones;<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Por exemplo, antes da recente Operação da Polícia Federal e do Ibama, Alfeu III, de combate à extração ilegal de minérios em Mato Grosso, a Fundação Nacional do Índio (Funai) fez um levantamento preliminar com drones, para localizar as máquinas utilizadas na atividade de mineração ilegal. Ministério da Justiça e Segurança Pública Notícias, *Funai participa de ação conjunta de combate a garimpos ilegais em Terra Indígena do Mato Grosso* (20 de outubro de 2021), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2021/funai-participa-de-acao-conjunta-de-combate-a-garimpos-ilegais-em-terra-indigena-do-mato-grosso>>.

- Monitoramento via GPS;<sup>39</sup>
- Monitoramento via satélite;<sup>40</sup>
- Tecnologia bioacústica que usa inteligência artificial para detectar sons da atividade humana industrializada;<sup>41</sup>
- Uso de radioisótopos.

---

<sup>39</sup> Em seu manual de combate à mineração ilegal na Amazônia, o Ministério Público Federal sugeriu exigir que os equipamentos de mineração incluam um GPS e/ou localizador, o que ajudaria a evitar operações fora dos limites das licenças de mineração ou áreas licenciadas. Ministério Público Federal, *Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas* (2020), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/ManualMineracaoIlegaldoOuronaAmazoniaVF.pdf#page=88>>.

<sup>40</sup> O satélite está sendo usado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no Brasil para monitorar o desmatamento na Floresta Amazônica brasileira. *Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite*, INPE site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. No entanto, hoje existe uma tecnologia mais avançada que usa o satélite para detectar atividades subterrâneas. A interferometria por radar diferencial de satélite (*Satellite Differential Radar Interferometry*, DInSAR), testada na Ásia, foi bem-sucedida na detecção de mineração subterrânea e, com base em seu desempenho, um Sistema de Detecção de Mineração Ilegal (IMDS) foi proposto na Austrália. Zhe Hu, Linlin Ge, Xiaojing Li and Chris Rizos, *Designing an illegal mining detection system based on DinSAR* (2010), acessado em 9 de dezembro de 2021, <[https://www.researchgate.net/publication/220823970\\_Designing\\_an\\_Illegal\\_Mining\\_Detection\\_System\\_based\\_on\\_DinSAR](https://www.researchgate.net/publication/220823970_Designing_an_Illegal_Mining_Detection_System_based_on_DinSAR)>..

<sup>41</sup> Por exemplo, o Código de Consciência, que foi desenvolvido no Brasil, é um software que, uma vez instalado no computador de bordo da máquina, emite alertas ou até desliga o motor do veículo quando ele se aproxima de áreas protegidas. Por estar gravado na memória da máquina, os operadores não podem desligá-lo, como ocorre com a tecnologia de telemetria fornecida pelos fabricantes. Código de Consciência, site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.codeofconscience.org/pt>>; Naira Hofmeister, "How backhoe makers encourage illegal mining in the Amazon", *Repórter Brasil*, 28 de outubro 2021, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://reporterbrasil.org.br/2021/10/how-backhoe-makers-encourage-illegal-mining-in-the-amazon/>>.

#### **6.1.4. Recomendações para um sistema público de rastreio**

A criação e implementação de um sistema público de rastreio da cadeia do ouro de ponta a ponta deve ser atribuída à ANM, garantindo a identificação da lavra de origem, o ingresso do ouro no sistema financeiro por meio da aquisição por DTVMs ou no mercado por empresas devidamente autorizadas, e a certificação de origem aos consumidores finais, seja no mercado interno ou externo.

A definição das tecnologias a serem adotadas deve ficar sob a responsabilidade do órgão implementador, considerando alguns princípios fundamentais: a confiabilidade das informações, a criação de sistema de alertas para informações suspeitas ou conflitantes, transparência e diferentes níveis de controle, como verificado na tecnologia *blockchain*.

A criação de um sistema de rastreio da cadeia do ouro pode ser determinada por lei, garantindo sua obrigatoriedade e maior estabilidade com mudanças de gestão, ou por instrumento infralegal, o que poderia ocorrer por determinação da própria ANM, já que seria plenamente compatível com suas competências legais.

Atualmente, a ANM é dotada de competências fiscalizatórias relevantes, como por exemplo a regulação e a fiscalização das atividades minerárias no Brasil, cabendo-lhe “regulamentar os processos administrativos sob sua competência, notadamente os relacionados com a outorga de títulos minerários, com a fiscalização de atividades de mineração e aplicação de sanções” (art. 2º, inciso VIII). Seu poder de fiscalização é ainda complementado com a faculdade de “realizar vistorias, notificar, autuar infratores, adotar medidas acautelatórias como de interdição e paralisação, impor as sanções cabíveis, firmar termo de ajustamento de conduta, constituir e cobrar os créditos delas decorrentes, bem como comunicar aos órgãos competentes a eventual ocorrência de infração” (art. 2º, inciso XI).

Também compõe o arsenal de instrumentos legais disponíveis à ANM a inteligência de dados por meio da consolidação de informações do setor mineral fornecidas pelos titulares de direitos minerários, com periodicidade mínima de um ano (art. 2º, inciso IX). Cumpre lembrar que o próprio poder de decidir sobre direitos minerários em procedimentos administrativos de outorga da atividade de mineração é forma de fiscalizar a aptidão e capacidade técnica dos requerentes (art. 2º, inciso XV).

Como a Constituição Federal atribui competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos minerais nos respectivos territórios, também se permite à ANM estabelecer convênios com os estados, o Distrito Federal e os municípios para a fiscalização.

A despeito dessas inúmeras competências, não há previsão expressa para que a ANM crie e mantenha sistema próprio de rastreamento do ouro. É fato que as atuais competências lhe permitiriam criar tal sistema por meio de resolução própria. Todavia, tendo em vista as notáveis dificuldades da ANM em exercer a plenitude de seus deveres de fiscalização da produção e comercialização do ouro no Brasil, parece recomendável que se introduza dentre seus poderes, específica e expressamente, o de normatizar o sistema de rastreamento do ouro.

## **6.2. Sistema privado de rastreio e *due diligence***

A legislação brasileira normatiza o processo de concessões, permissões, autorizações e licenciamento para a mineração, estabelece impostos e compensações financeiras sobre o ouro comercializado e exportado, define competências regulatórias, compartilha

competências fiscalizatórias, mas não estabelece exigências de devida diligência em relação às práticas de empresas ou atores privados ao longo da cadeia produtiva do ouro.

A seguir, são identificadas referências internacionais de devida diligência e recomendações para o setor privado no Brasil, como forma de ampliar o compromisso do próprio setor com o combate às ilegalidades na extração e comércio do ouro.

### **6.2.1. Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco**

O "Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco"<sup>42</sup> (Guia da OCDE) é a primeira iniciativa colaborativa apoiada por governos para gerenciar com responsabilidade a cadeia de abastecimento de minerais das áreas afetadas. O Guia é baseado e consistente com as Diretrizes para Empresas Multinacionais<sup>43</sup> e a Ferramenta de Conscientização de Riscos para

---

<sup>42</sup> *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas Third Edition* (2016), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.oecd.org/daf/inv/mne/OECD-Due-Diligence-Guidance-Minerals-Edition3.pdf>>.

<sup>43</sup> As Diretrizes da OCDE para Empresas Multinacionais (*OECD Guidelines for Multinational Enterprises*, 2011), são recomendações dirigidas por governos a empresas multinacionais que operam em ou de países aderentes. Eles fornecem princípios e padrões não vinculativos para uma conduta empresarial responsável em um contexto global consistente com as leis aplicáveis e os padrões internacionalmente reconhecidos. As Diretrizes são o único código de conduta empresarial responsável acordado multilateralmente, o qual os governos se comprometeram a promover. Disponível em <<https://www.oecd.org/daf/inv/mne/48004323.pdf>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021.

Empresas Multinacionais em Zonas de Governança Fraca<sup>44</sup>, ambos também padrões recomendados pela organização econômica.

O Guia fornece recomendações detalhadas, embora não sejam juridicamente vinculantes. Além dos 37 membros da OCDE, 9 não membros aderiram à recomendação, entre eles o Brasil.

O objetivo do Guia é "ajudar as empresas a respeitar os direitos humanos e evitar contribuir para o conflito por meio de suas práticas de abastecimento mineral". O documento também pretende cultivar cadeias de abastecimento de minerais transparentes e envolvimento corporativo sustentável no setor mineral, permitindo que os países se beneficiem de seus recursos minerais e evitem que a extração e o comércio de minerais se tornem uma fonte de conflito, abusos dos direitos humanos e insegurança.<sup>45</sup> A orientação contém dois suplementos – o primeiro sobre estanho, tântalo e tungstênio (3Ts), e o segundo sobre ouro."<sup>46</sup>

A ferramenta define medidas que as empresas devem adotar – de acordo com sua posição na cadeia de abastecimento – para identificar e abordar os riscos reais ou potenciais, a fim de prevenir ou mitigar impactos adversos associados a suas atividades ou relacionamentos,

---

<sup>44</sup> A Ferramenta de Conscientização de Riscos da OCDE para Empresas Multinacionais em Zonas de Governança Fraca (*OECD Risk Awareness Tool for Multinational Enterprises in Weak Governance Zones*), 2006, disponível em <<https://www.oecd.org/daf/inv/corporateresponsibility/36885821.pdf>>, último acesso em 9 de dezembro de 2021, visa ajudar empresas que investem em países onde os governos não querem ou não podem assumir suas responsabilidades. Ela apresenta uma série de questões que abordam os riscos e dilemas éticos que as empresas provavelmente enfrentarão em zonas de governança fraca. A Ferramenta de Conscientização de Risco complementa as Diretrizes da OCDE para Empresas Multinacionais e foi desenvolvida em resposta ao pedido feito pela Cúpula do G8, de 2005, para desenvolver orientações da OCDE para empresas que operam em zonas de governança fraca, bem como ao apelo do Conselho de Segurança da ONU aos membros da OCDE para promover a observância de as Diretrizes da OCDE – em resposta ao relatório de 2002 do Painel de Especialistas da ONU sobre a exploração ilegal de recursos naturais na República Democrática do Congo.

<sup>45</sup> Ibid, Prefácio.

<sup>46</sup> Ibid.

embora reconhecendo que é necessária flexibilidade na sua aplicação, a depender de circunstâncias individuais e de fatores como a dimensão da empresa, a localização das atividades, a situação em um determinado país, o setor e a natureza dos produtos ou serviços envolvidos.

Um processo de devida diligência é fornecido em cinco etapas:

Etapa 1: Estabelecer sistemas de gerenciamento sólidos;

Etapa 2: Identificar, avaliar e priorizar riscos;

Etapa 3: Gerenciar riscos;

Etapa 4: Pontos de controle de auditoria;

Etapa 5: Comunicar e relatar sobre a devida diligência.

As cadeias de abastecimento de ouro são compostas por indivíduos ou entidades empresariais que estão envolvidas na produção, processamento, transporte, comércio ou manuseio de ouro. Incluem a cadeia de abastecimento *upstream* e a cadeia de abastecimento *downstream*. ***Upstream*** é a cadeia de abastecimento de ouro da mina aos refinadores e inclui mineradores (garimpeiros, que no guia são tratados como empresas artesanais e de pequena escala – ASM –; ou empresas de mineração de ouro de média e grande escala – LSM), comerciantes de ouro extraído ou reciclável, transportadores e refinadores. ***Downstream*** é a cadeia de produção de ouro de refinarias a varejistas e inclui comerciantes de ouro refinado e mercados de ouro, bancos de ouro e bolsas ou outras entidades que fazem sua própria abóbada de ouro, fabricantes e varejistas de joias e outras empresas que usam ouro na fabricação de produtos (por exemplo, fabricantes e varejistas de eletrônicos ou dispositivos médicos). Cada ator na cadeia de produção tem um papel a desempenhar na realização de *due diligence*.

## **6.2.2. Legislações que implementam o Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco**

### ***Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act***

Endossando o Guia da OCDE, os Estados Unidos promulgaram a Seção 1502 da Lei de Reforma e Proteção ao Consumidor Dodd-Frank Wall Street (*Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act*), que é a primeira lei obrigatória de seu tipo, que trata da rastreabilidade do ouro e é conhecida como a norma dos "minerais de conflito".<sup>47</sup>

Exige que as empresas de capital aberto dos Estados Unidos verifiquem suas cadeias de produção de estanho, tungstênio, tântalo e ouro, particularmente sobre se eles podem ser originários do Congo ou de seus vizinhos, e tomem medidas para lidar com quaisquer riscos que encontrem, e para auditar e divulgar seus esforços todos os anos para a Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos (SEC).

A lei não proíbe as empresas – e não as incentiva a parar – de receber o fornecimento desta região, mas exige que mostrem que estão trabalhando com o cuidado adequado (ou seja, "devida diligência") para garantir que não estejam financiando grupos armados ou abusos de direitos humanos. A lei estabelece a obrigação de devida diligência e aborda todos os atores da cadeia de abastecimento (*upstream* e *downstream*). No entanto, cobre apenas a República Democrática do Congo e os países vizinhos.

### **União Europeia – Regulamento (UE) 2017/821**

---

<sup>47</sup> Dodd-Frank *Wall Street Reform and Consumer Protection Act* (conforme alterado), acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-9515/pdf/COMPS-9515.pdf>>.



Outro endosso vinculativo do Guia da OCDE veio em 2017, quando a União Europeia adotou o Regulamento (UE) 2017/821<sup>48</sup>, que estabelece as obrigações de devida diligência da cadeia de abastecimento para os importadores de estanho, tântalo e tungstênio, seus minérios e ouro originário de áreas afetadas por conflitos e de alto risco, de acordo com as cinco etapas do Guia da OCDE.<sup>49</sup>

O mecanismo de rastreabilidade oferecido por meio da devida diligência na cadeia de suprimentos, como apresentado no Guia da OCDE, não está completo. E isso representa uma fragilidade ao sistema. Não se destina a rastrear cada mineral em sua cadeia de abastecimento (ao contrário da intenção do *blockchain*, conforme discutido acima), mas sim verificar se a prática de todos os atores em uma determinada cadeia de abastecimento de ouro está em ordem e em conformidade com os padrões estabelecidos nas diretrizes.

O Guia da OCDE foi adotado por setores proeminentes da indústria, abrindo caminho para uma nova tendência de prática. O cumprimento das diretrizes por meio das diversas iniciativas do setor, que é reavaliado periodicamente, concede aos seus integrantes uma espécie de certificado que atua como um valioso selo de qualidade – um selo ético para suas atividades. No entanto, a adesão aos padrões estabelecidos no Guia da OCDE permanece de natureza voluntária, além deles não definirem explicitamente o mapeamento completo da cadeia por meio da rastreabilidade. Seu teor também foi promulgado na legislação dos Estados Unidos e da União Europeia e, como tal, tornou-se legalmente vinculante para as empresas que devem cumprir legalmente e podem se sujeitar a sanções e ser responsabilizadas por violações de suas regras. Além disso, a implementação do Guia da OCDE por meio da Seção 1502 e do

---

<sup>48</sup> Um regulamento da UE é um ato jurídico que se aplica diretamente a nível nacional. Assim que um regulamento da UE entrar em vigor, ele se tornará direta e imediatamente aplicável dentro dos países da UE, e os Estados-Membros não precisam criar sua própria legislação para colocar este ato jurídico em vigor.

<sup>49</sup> Regulamento (UE) 2017/821 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2017, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R0821-20201119&from=EN>>.

Regulamento da UE 821/2017 compartilha o dever de conformidade. A responsabilidade não recai mais apenas sobre as empresas, mas também sobre o Estado, que deve criar um mecanismo processual que permita o efetivo cumprimento e responsabilize os infratores.<sup>50</sup>

### **6.2.3. Autorregulação do mercado baseada no Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco**

Com base no Guia da OCDE, os atores da indústria ao redor do mundo desenvolveram seus próprios programas para definir e encorajar a implementação de padrões de responsabilidade ao longo da cadeia de abastecimento mineral. Ao aderir a esses programas, as empresas se comprometem a implementar padrões de compra responsável e a auditar periodicamente sua prática para verificar sua conformidade com os padrões.

A ampla adesão do mercado a tais programas estabelece um padrão que deve ser encorajado e adicionado de mecanismos efetivos de rastreabilidade ponta a ponta. Assim, uma das propostas levantadas pelos entrevistados por este estudo é a criação de uma certificação nacional.

Deve-se enfatizar que esses programas focaram especificamente no estágio de fundição/refino, que foi identificado pelas partes interessadas relevantes como o *checkpoint* que compromete toda a cadeia de abastecimento do ouro. No entanto, no caso do Brasil, o *checkpoint* fundamental parece estar na fase de extração e, portanto, um futuro programa nacional deve abordar isso.

Alguns dos principais programas adotados ao redor do mundo são descritos a seguir.

---

<sup>50</sup> Ver, por exemplo, os artigos 10 e 11 do Regulamento da UE, sobre os Estados que designam as autoridades competentes responsáveis pela aplicação do regulamento e pelos *controles ex post* aos importadores da União.

### ***Responsible Minerals Initiative (RMI) – Iniciativa de Minerais Responsáveis***

Mais de 400 empresas participam de vários setores diferentes no RMI, contribuindo com uma gama de ferramentas e recursos, incluindo o ***Responsible Minerals Assurance Process (RMAP)*** – Processo de Garantia de Minerais Responsáveis. Ele é baseado em uma auditoria independente de terceiros que verificam a conformidade com os padrões desenvolvidos de acordo com a Orientação da OCDE e uma série de documentos de orientação sobre abastecimento responsável de minerais. O RMI também executa *workshops* regulares sobre questões da cadeia de abastecimento de minerais e contribui para o desenvolvimento de políticas e debates com as principais organizações da sociedade civil e governos.<sup>51</sup>

### ***London Bullion Market Association's Program – Programa da London Bullion Market Association***

A *London Bullion Market Association (LBMA)* representa os principais *players* e seus clientes no mercado de ouro. Ela está sediada em Londres e tem presença internacional, interagindo com bancos, bolsas, refinadores, fabricantes, comerciantes, bem como com aqueles que fornecem armazenamento e serviços seguros para operadoras. A LBMA promove boas práticas comerciais e define critérios objetivos para instituições que desejam entrar no mercado de metais preciosos de Loco London como comerciantes ou prestadores de serviços. Ela também estabelece parâmetros rigorosos para que as barras de ouro e prata sejam aceitas como Boa Entrega (*Good Delivery*). O Programa de Fornecimento Responsável – ao qual todos os refinadores da LBMA *Good Delivery List* devem aderir – segue a estrutura de devida diligência de cinco etapas definida no Guia da OCDE.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Responsible Minerals Initiative site, disponível em <[www.responsiblemineralsinitiative.org](http://www.responsiblemineralsinitiative.org)>; RMI Due Diligence in the Gold Supply Chain (2018), acessado em 9 de dezembro de 2021, <[http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI\\_GoldConf\\_180103\\_digital.pdf](http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI_GoldConf_180103_digital.pdf)>.

<sup>52</sup> LBMA site <[www.lbma.org.uk](http://www.lbma.org.uk)>, último acesso em 9 de dezembro de 2021.

## ***Responsible Jewellery Council's Certification – Certificação do Conselho de Joalheria***

### **Responsável**

O RJC é uma organização sem fins lucrativos, que estabelece padrões e certificações. O Código de Práticas do RJC trata dos direitos humanos, dos direitos trabalhistas, do impacto ambiental, das práticas de mineração e da divulgação de produtos na cadeia de suprimentos de joias. O RJC também gerencia a auditoria da cadeia de custódia, que visa verificar materiais de joalheria de origem responsável produzidos, processados e comercializados por meio da cadeia de suprimentos.<sup>53</sup>

## ***DMCC's Responsible Sourcing of Precious Metals – Iniciativa de Fornecimento Responsável da DMCC***

O *Dubai Multi Commodities Centre* (DMCC) é uma iniciativa de compra responsável e fornece orientação prática para seu mercado global. O DMCC é uma autoridade do governo de Dubai, estabelecido em 2002 para aumentar os fluxos de comércio de *commodities* por meio do emirado árabe. Além disso, a implementação da Orientação DMCC visa garantir a conformidade com o Guia da OCDE, cumprindo assim os requisitos estipulados pela Lei Dodd-Frank dos Estados Unidos e pelo Regulamento da UE. As iniciativas de certificação também requerem auditorias independentes anuais obrigatórias de terceiros a serem realizadas de acordo com o protocolo de revisão DMCC.<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> Responsible Jewellery Council site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.responsiblejewellery.com/>>.

<sup>54</sup> Dubai Multi Commodities Centre (DMCC) site, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www.dmcc.ae/gateway-to-trade/commodities/gold/responsible-sourcing>>.

#### **6.2.4. Recomendações para o setor privado**

O acúmulo de organizações internacionais, como a OCDE, somado às experiências estrangeiras, inspiram confiança de que o caminho de regras setoriais voluntariamente estabelecidas, ainda que apresentem limitações importantes, como a não obrigatoriedade de sistemas de rastreabilidade ponta a ponta, pode trazer avanços, principalmente se adotados critérios mais rígidos de monitoramento da cadeia.

O momento de descontrole do garimpo e da comercialização ilegal do ouro pelo qual passa o Brasil parece sugerir a necessidade de mecanismos de controle públicos que se imponham. Porém, não se trata, como dito acima, de caminhos excludentes. São caminhos complementares na medida em que setores privados autorregulados sinalizam ao Estado a receptividade em relação a novas normas.

As entrevistas com profissionais de empresas privadas e entidades representativas das empresas de mineração, conduzidas durante esta pesquisa, também indicaram que há espaço para que se organizem em prol de regras autodefinidas para o setor do ouro. A principal motivação seria distanciar-se do noticiário negativo, que reporta os impactos das atividades do garimpo, por meio da diferenciação da atuação do setor empresarial em relação aos grupos garimpeiros.

Sugere-se, então, que o setor privado adote um “compromisso de implementação de tecnologias para rastreamento do ouro”, de modo que o setor mineral possa dar materialidade no Brasil tanto ao Guia da OCDE, como a ampliações a suas exigências, a adaptações que correspondam aos desafios do contexto brasileiro e ao grau de compromisso que se espera das empresas.

Nesse sentido, é importante que o setor privado adote medidas para apoiar ativamente a criação de um sistema de devida diligência a ser estabelecido de forma voluntária pelos agentes atuantes no setor de mineração de ouro.

Para isso, é essencial que estabeleçam instrumentos de controle e transparência sobre o ciclo de produção do ouro, que inclua um sistema de rastreabilidade, de modo que sejam implementados mecanismos que permitam o acompanhamento público de todas as etapas de produção e comercialização do ouro, assegurando-se a legalidade de sua cadeia produtiva.

### **6.3. Outros mecanismos de controle para o combate à ilegalidade na cadeia do ouro**

#### **6.3.1. Garimpo: revisão da definição legal**

A Constituição Federal, ao prever em seu art. 174, § 3º o tratamento diferenciado à organização da atividade garimpeira em cooperativas, tinha por objetivo a inclusão econômico-social do trabalhador do garimpo. O Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/67), definia, até então, o garimpeiro como “trabalhador que extrai substâncias minerais úteis, por processo rudimentar e individual de mineração, garimpagem, faiscação ou cata” (art. 71).

Portanto, o objetivo da redação constitucional era favorecer a atividade coletiva desse trabalhador que se caracterizava pela forma rudimentar de mineração, ou seja, uma atividade de mineração em pequena escala e artesanal. Ocorre que reformas legais posteriores modificaram a definição de garimpo, com a aprovação da Lei nº 7.805/89, que criou o regime de permissão de lavra garimpeira, e a Lei nº 11.685/08, que criou o Estatuto do Garimpeiro.

Com tais modificações, a garimpagem passou a ser definida como *"a atividade de aproveitamento de substâncias minerais garimpáveis, executadas no interior de áreas*

*definidas para esse fim, exercida por brasileiro, cooperativa de garimpeiros, autorizada a funcionar como empresa de mineração, sob regime de permissão de lavra garimpeira" (art. 10 da Lei nº 7.805/89).*

Assim, o garimpeiro deixou de ser caracterizado legalmente pela forma rudimentar de mineração, passando a ser definido como "*toda pessoa física de nacionalidade brasileira que, individualmente, ou de forma associativa, atue diretamente no processo de extração de substâncias minerais garimpáveis*".

Essas mudanças legais na definição da atividade garimpeira e do trabalhador do garimpo abriram uma brecha para que empreendedores que poderiam ser caracterizados como indústrias da mineração, com equipamentos de alta tecnologia e de alto custo, fossem beneficiados pelo regime de lavra garimpeira para serem isentos de algumas regras, como a exigência de pesquisa prévia.

A definição de atividade garimpeira e garimpo previstas nas normas 7.805/89 e 11.685/08, ao invés de atenderem à finalidade constitucional de beneficiarem um grupo de trabalhadores considerado hipossuficiente no momento da promulgação da Constituição, pelo caráter rudimentar de sua atividade, passaram a favorecer grupos econômicos com perfil industrial que utilizam a mão de obra garimpeira para obtenção de lucro, sem a garantia de condições adequadas de trabalho e de direitos.

Uma recente reportagem do jornal *Folha de S.Paulo* levantou dados disponíveis no Sigmine (Sistema de Informação Geográfica da Mineração), da ANM, e constatou que indivíduos sem experiência comprovada na atividade de mineração, por meio da Cooperativa dos Mineradores do Vale do Guaporé, vêm tentando obter autorização para garimpar uma área na Amazônia quase tão grande quanto áreas detidas pela empresa Vale S.A. para explorar ouro,

diamante e cobre.<sup>55</sup> Segundo os dados apresentados, a Cooperativa já é a quinta maior mineradora nacional em área requerida, disputando espaço com gigantes multinacionais como a Nexa Resources e a Anglo American.

A capacidade econômica demonstrada por cooperativas e garimpeiros com atuação supostamente autônoma não encontra correspondência com a proteção oferecida pela Constituição. Nos tempos atuais, mesmo diante da nova definição de atividade garimpeira e garimpo previstas nas normas 7.805/89 e 11.685/08, o tratamento especial destinado aos garimpeiros têm se convertido em instrumento de incentivo da atividade minerária, mas em formas mais agressivas do ponto de vista da organização e das práticas de extração, além de proporcionar impacto ambiental mais severo. A Constituição direciona tal tratamento especial em diversos dos seus artigos, a se iniciar pelo art. 21, inciso XXV, que reconhece a competência da União para “estabelecer as áreas e as condições para o exercício da atividade de garimpagem, em forma associativa”.

Parece fazer pouco sentido para a norma constitucional trazer tal tratamento destacado.

A premissa estabelecida pela Constituição de que o garimpo se pratica em regime de economia familiar é, nos tempos atuais, falsa. Evidentemente haverá casos de garimpeiros que atuam em tal regime, buscando ouro de superfície e com equipamentos manuais. Mas são contextos excepcionais:

“O garimpeiro do século XXI, contudo, não é mais o profissional com picareta e bateia, que percorre cursos d’água da região atrás de pepitas nos sedimentos de leitos de rios. A extração de ouro na Amazônia faz-se, hoje, com maquinário pesado, de alto custo financeiro e vultoso

---

<sup>55</sup> Pedro Papini et al., “Cooperativa de garimpo recém-criada se alça a uma das maiores mineradoras na Amazônia”, *Folha de São Paulo*, 22 de outubro de 2021, acessado em 9 de dezembro de 2021, <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2021/10/cooperativa-de-garimpo-recem-criada-se-alca-a-uma-das-maiores-mineradoras-na-amazonia.shtml>>.



impacto ambiental e socioambiental. Balsas, dragas, pás-carregadeiras, escavadeiras hidráulicas e outros equipamentos que custam milhões de reais deixam atrás de si um rastro de destruição. Os índices de ilegalidade na atividade são alarmantes: o ouro, ativo financeiro de enorme importância estratégica para as finanças nacionais, esvai-se pelas fronteiras com pouco ou nenhum controle das agências públicas, ao mesmo tempo que recursos hídricos são contaminados por mercúrio e parcelas da floresta são postas abaixo na busca por novos veios, e o tão prometido desenvolvimento econômico não chega. [...] O tratamento legislativo dado ao ouro e, em especial, ao garimpo, ainda é refém da imagem idealizada do garimpeiro – aquela imagem acompanhada da picareta e da bateia –, erigindo-se, assim, proteções que não fazem sentido diante das efetivas características empresariais dos empreendimentos auríferos modernos.”<sup>56</sup>

### **6.3.2. Segurança pública: aprimoramento da investigação e repressão ao crime organizado**

A mineração ilegal vai além dos danos ambientais, trazendo consigo também variados problemas sociais. Pesquisa realizada pelo Instituto Igarapé mostra que, nos principais *hotspots*, a mineração ilegal não é a única atividade criminosa, pois tende a atrair e agregar muitas outras formas de criminalidade. As redes criminosas dependem do trabalho escravo e do tráfico de pessoas para fornecer energia aos locais de mineração, levando prostituição forçada e comunidades precárias a esses locais. Populações indígenas e quilombolas (afrodescendentes) na Amazônia, cujas terras protegidas são particularmente cobiçadas, sentem especialmente os impactos negativos dessas atividades: cidades improvisadas brotam em torno de minas com locais de jogos ilegais, prostituição forçada e grupos armados ilegais. Esses espaços têm uma alta incidência de violência, incluindo homicídios e violência sexual. Em algumas áreas, o surgimento de pistas de pouso mostra que os cartéis também usam esses espaços como *hubs* para o tráfico de drogas.<sup>57</sup>

---

<sup>56</sup> Brasil, Ministério Público Federal, Câmara de Coordenação e Revisão, 4. *Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas* (Brasília: MPF, 2020, p. 8).

<sup>57</sup> Adriana Erthal Abdenur, Ana Paula Pellegrino, Carol Viviana Porto e Lycia Brasil, *Los delitos ambientales en la Cuenca del Amazonas: el rol del crimen organizado en la minería* (Instituto Igarapé, 2019), acessado em 9 de dezembro de 2021,

Portanto, a extração ilegal do ouro, em especial em Terras Indígenas e Unidades de Conservação, exige o aprimoramento dos mecanismos de investigação e responsabilização criminal, e em caso de atividade ilegal na Amazônia pode requerer cooperação internacional entre os países da região.

Com relação às tecnologias de rastreamento do ouro, foi mencionada uma iniciativa da Polícia Federal com o uso de radioisótopos, que permite identificar a origem do ouro apreendido, a partir da comparação com amostras de diferentes regiões do país. De acordo com os entrevistados, a experiência, apesar de promissora, ainda é embrionária e não seria possível em larga escala. Seria um instrumento secundário de rastreamento, somado a sistemas de alerta, a exemplo do uso de monitoramento por satélite e das incongruências identificadas a partir do cruzamento de informações prestadas perante a ANM e a Receita Federal.

Outra forma de combater a mineração ilegal é por meio do rastreamento e desmembramento dos equipamentos de mineração que são utilizados para esse fim e seus responsáveis.

A lei<sup>58</sup> autoriza a apreensão e desmontagem dos equipamentos quando houver indícios de atividades ilegais, principalmente em áreas protegidas – como Terras Indígenas e Unidades de Conservação –, devido à impossibilidade logística de sua retirada e para evitar a continuação dos danos ambientais. Consequentemente, na tentativa de combater as atividades de mineração ilegal em Terras Indígenas, o Grupo de Fiscalização Especializada (GEF) do Ibama vem realizando operações em busca de equipamentos pesados (por exemplo, escavadeiras hidráulicas) que são utilizados para mineração ilegal, ou no apoio logístico à atividade de mineração ilegal (por exemplo, aeronaves, veículos e combustível), bem como os cúmplices de

---

<<https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2019/07/Los-Delitos-Ambientales-en-la-Cuenca-del-Amazonas-com-primido.pdf>>.

<sup>58</sup> e.g. Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008, acessado em 9 de dezembro de 2021, <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm)>.

tal atividade ilegal, como os proprietários ou locatários dos equipamentos acima. Nos últimos anos, agentes do GEF apreenderam e desmontaram grande quantidade desses equipamentos e apreenderam documentos para rastrear os responsáveis pelos equipamentos e encaminharam ao Ministério Público Federal (MPF) e à Polícia Federal (PF) para instauração de ações criminais. Essas operações foram apoiadas por diversos órgãos e instituições governamentais, como Polícia Federal, ICMBio, Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Força Nacional, Agência Nacional do Petróleo (ANP), e também acompanhadas pela Fundação Nacional do Índio (Funai).<sup>59</sup>

## 7. Considerações finais

O Brasil enfrenta um grave problema de extração e comércio ilegais do ouro, em grande parte retirado de Unidades de Conservação e Terras Indígenas na Amazônia. Os indícios de ilegalidade chegam a praticamente metade da produção e exportação do minério. O presente estudo buscou aprofundar o diagnóstico do problema e identificar soluções para instituir mecanismos de rastreabilidade e controle na cadeia aurífera.

---

<sup>59</sup> Essas operações aconteceram, na Terra Indígena Kayapó, no Pará, mais informações estão disponíveis em <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy\\_of\\_noticias/noticias-2017/ibama-desativa-29-balsas-d-e-garimpo-e-maquinas-escavadeiras-na-terra-indigena-kayapo-pa](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy_of_noticias/noticias-2017/ibama-desativa-29-balsas-d-e-garimpo-e-maquinas-escavadeiras-na-terra-indigena-kayapo-pa)>; na Terra Indígena Yanomami em Roraima, mais informações estão disponíveis em <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2021/ibama-embarga-59-pistas-de-pouso-clandestinas-que-atendiam-garimpo-na-terra-indigena-yanomami>> e <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2021/ibama-e-pf-realizam-operacao-contr-o-garimpo-na-terra-indigena-yanomami>>; no rio Madeira, no Amazonas, mais informações estão disponíveis em <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy\\_of\\_noticias/noticias-2017/ibama-combate-garimpo-ilegal-de-ouro-e-apreende-19-dragas-no-rio-madeira-am](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy_of_noticias/noticias-2017/ibama-combate-garimpo-ilegal-de-ouro-e-apreende-19-dragas-no-rio-madeira-am)>; na Terra Indígena Raposa Serra do Sol (TIRSS), em Roraima, mais informações estão disponíveis em <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/copy\\_of\\_ibama-e-policia-federal-apreendem-equipamentos-de-garimpo-ilegal-em-terra-indigena-de-rr](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/copy_of_ibama-e-policia-federal-apreendem-equipamentos-de-garimpo-ilegal-em-terra-indigena-de-rr)>; na Terra Indígena Munduruku e na Floresta Nacional Crepori (Flona), mais informações estão disponíveis em <[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy\\_of\\_noticias/noticias-2018/ibama-icmbio-e-pf-desativa-m-9-maquinas-de-garimpo-na-ti-munduruku-pa](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/copy_of_noticias/noticias-2018/ibama-icmbio-e-pf-desativa-m-9-maquinas-de-garimpo-na-ti-munduruku-pa)>, todos acessados pela última vez em 9 de dezembro de 2021.

O arcabouço jurídico-normativo contribui para falhas no sistema de controle na cadeia do ouro, tendo se mostrado necessária a revisão da legislação que regula a primeira aquisição do ouro de garimpeiros pelas Distribuidoras de Títulos e Valores Mobiliários (DTVMs). A aquisição direta do ouro por empresas comercializadoras também se mostrou uma grande porta de entrada para o ouro de origem ilegal, sendo necessário dirimir qualquer margem de dúvida sobre a ilegalidade deste tipo de aquisição e ampliar os mecanismos de controle sobre ele.

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, o uso de tecnologias se faz fundamental para garantir o rastreamento de ponta-a-ponta na cadeia de produção, da extração ao consumidor final. Neste sentido, o uso de sistemas de controle de informações descentralizados e confiáveis, como o *blockchain*, ganham importância e já possuem referências no mercado internacional do ouro e em outras cadeias produtivas, como a da madeira.

O estudo compara diferentes tecnologias possíveis de serem utilizadas em um sistema de rastreio e conclui que, para a cadeia do ouro, a tecnologia mais recomendável seria a DLT (*Distributed Ledger Technology*), versão mais centralizada do *blockchain*.

A base para tanto deve ser o registro sistemático do minério e agentes relevantes da cadeia, em *checkpoints* estratégicos, ou seja, em pontos de controle no sistema. No centro desta abordagem estão duas medidas: a criação de um único aplicativo (DAPP), com múltiplas camadas de acesso e ferramentas como OCR e afins; e a marcação do ouro com o chamado código de barras molecular.

O incremento tecnológico deve ser inserido no contexto da implementação de um sistema público de rastreio na cadeia do ouro no Brasil. A ANM é o órgão responsável pela normatização e fiscalização da extração do minério. Conseqüentemente, é também o órgão competente para adoção e implementação de um sistema de rastreio, devendo contar, nesta

atribuição, com o apoio de outros órgãos, como o Banco Central, e os de proteção do meio ambiente e dos direitos indígenas.

Sem prejuízo da adoção de um sistema público de rastreio, um sistema privado também pode e deve ser adotado por atores comprometidos com a *due diligence*. O estudo identificou diversas referências internacionais de padrões de responsabilidade na cadeia do ouro, ainda que apresentem limitações importantes para o contexto brasileiro. Um sistema de certificação nacional foi apontado como forma de permitir aos consumidores, nacionais e internacionais, o reconhecimento da origem legal do produto adquirido.

A pressão internacional e de consumidores foi apontada como ação fundamental para induzir mudança no comportamento do mercado. A exigência de certificação e rastreio da cadeia por parte de empresas compradoras e consumidores finais pode ter grande impacto na busca de soluções.

Para além dos sistemas de rastreio na cadeia do ouro, outras medidas se mostram necessárias no enfrentamento às ilegalidades. O tratamento jurídico diferenciado entre o garimpo e a indústria de mineração perdeu o sentido. É necessária a revisão do conceito legal de garimpo, visto que hoje a atividade não mais utiliza os meios rudimentares que justificavam o tratamento diferenciado previsto pela Constituição Federal e regulado pelo Estatuto do Garimpeiro.

Por fim, recomenda-se também o aprimoramento dos mecanismos de investigação e repressão ao crime organizado na cadeia do ouro. Com a identificação de ilegalidades pelos sistemas de rastreamento e controle, é fundamental responsabilizar com severidade seus autores, em especial os proprietários dos empreendimentos e seus mandantes.

## 8. Referências bibliográficas

### Legislação nacional

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>.

Decreto-Lei n.º 1.985, de 29 de março de 1940. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/del1985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del1985.htm)>.

Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm)>.

Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm)>.

Decreto Nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/D9406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9406.htm)>.

Decreto nº 9.675, de 2 de janeiro de 2019. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9675.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9675.htm)>.

Lei 6.001, de 19 de dezembro de 1973 (Estatuto do Índio). Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm)>.

Lei nº 7.766, de 11 de maio de 1989. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7766.htm)>.

Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989 (Regime de permissão de lavra garimpeira). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7805.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7805.htm)>.

Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7990.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7990.htm)>.

Lei nº 11.685, de 2 de junho de 2008 (Estatuto do Garimpeiro). Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/l11685.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11685.htm)>.

Lei nº 12.844, de 19 de julho de 2013. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12844.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12844.htm)>.

Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13575.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13575.htm)>.

Portaria DNPM nº 361, de 10 de setembro de 2014. Disponível em:  
<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274696>>.

Projeto de Lei 2.057, de 23 de outubro de 1991. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=17569>>.

Projeto de Lei 1.610, 11 de março de 1996. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=16969>>.

Projeto de Lei 6.432, de 12 de dezembro de 2019. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2233895>>.

Projeto de Lei 191, de 6 de fevereiro de 2020. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2236765>>.

## **Direito estrangeiro e internacional**

Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho sobre Povos Indígenas e Tribais, 1989. Disponível em:  
<<https://www.oas.org/dil/port/1989%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20Povos%20Ind%C3%ADgenas%20e%20Tribais%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20OIT%20n%C2%BA%20169.pdf>>.

Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas, 2008. Disponível em:

<[https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/portugues/BDL/Declaracao\\_das\\_Nacoes\\_Unidas\\_sobre\\_os\\_Direitos\\_dos\\_Povos\\_Indigenas.pdf](https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/portugues/BDL/Declaracao_das_Nacoes_Unidas_sobre_os_Direitos_dos_Povos_Indigenas.pdf)>.

Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act (conforme alterado).  
Disponível em:<<https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-9515/pdf/COMPS-9515.pdf>>.

Regulamento (UE) N° 995/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de outubro de 2010, que fixa as obrigações dos operadores que colocam no mercado madeira e produtos da madeira. Disponível em:  
<<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0995&from=EN>>

Regulamento (UE) 2017/821 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2017. Disponível em:  
<<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R0821-20201119&from=EN>>.

## Artigos

Juliana Siqueira-Gay, Luiz J. Sánchez. “*The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation*”, *Regional Environmental Change* 21, 28 (2021). Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-021-01761-7.pdf>>.

Liason, Antonia. “*Blockchain, Trade, and the Global South: entrenching supply chain roles*”, *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy* (2022), no prelo. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4034777>>.

Martinez-Farina et al. “*Chemical barcoding: a nuclear-magnetic-resonance-based approach to ensure the quality and safety of natural ingredients*”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.9b01066>>.

Simone Figorilli, Francesca Antonucci, Corrado Costa et al. “*A blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain*”, *Sensors* 2018, 18, 3133. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/327706251\\_A\\_Blockchain\\_Implementation\\_Prototype\\_for\\_the\\_Electronic\\_Open\\_Source\\_Traceability\\_of\\_Wood\\_along\\_the\\_Whole\\_Supply\\_Chain](https://www.researchgate.net/publication/327706251_A_Blockchain_Implementation_Prototype_for_the_Electronic_Open_Source_Traceability_of_Wood_along_the_Whole_Supply_Chain)>.



Smith, A. et Skrabalak, S. “*Metal nanomaterials for optical anti-counterfeit labels*”, *Journal of Materials Chemistry C*. Disponível em:  
<<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/tc/c7tc00080d/unauth>>.

Zhe Hu, Linlin Ge, Xiaojing Li and Chris Rizos, “*Desining an illegal mining detection system based on DinSAR*”, 2010. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/220823970\\_Designing\\_an\\_Illegal\\_Mining\\_Detection\\_System\\_based\\_on\\_DinSAR](https://www.researchgate.net/publication/220823970_Designing_an_Illegal_Mining_Detection_System_based_on_DinSAR)>.

### **Relatórios e diretrizes**

Adriana Erthal Abdenur, Ana Paula Pellegrino, Carol Viviana Porto e Lycia Brasil. *Los delitos ambientales en la Cuenca del Amazonas: el rol del crimen organizado en la minería*. Instituto Igarapé, 2019. Disponível em:  
<<https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2019/07/Los-Delitos-Ambientales-en-la-Cuenca-del-Amazonas-comprimido.pdf>>.

ANM Relatório da Consulta Pública Nº 8/2018. Disponível em:  
<[https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/tomada-de-subsidios-2/tomada-de-subsidios-01-2021/arquivos/apendice-i\\_relatorio-da-consulta-publica-n-o-8\\_2018-1.pdf/](https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/tomada-de-subsidios-2/tomada-de-subsidios-01-2021/arquivos/apendice-i_relatorio-da-consulta-publica-n-o-8_2018-1.pdf/)>.

Brasil, Ministério Público Federal, Câmara de Coordenação e Revisão, 4. *Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas*. Brasília: MPF, 2020.

Brodie Ferguson, Júlia Sekula e Ilona Szabó. *Technology solutions for supply chain traceability in the Brazilian Amazon: opportunities for the financial sector*. Instituto Igarapé, 2020. Disponível em:  
<[https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2020/07/2020-07-29-AE-48\\_Amazonia-Technology-Solutions.pdf](https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2020/07/2020-07-29-AE-48_Amazonia-Technology-Solutions.pdf)>.

Bruno Manzolli, Raoni Rajão, Ana Carolina Haliuc Bragança et al. *Legalidade da produção de ouro no Brasil*. Belo Horizonte: Editora IGC/UFMG, 2021. Disponível em:  
<[http://www.lagesa.org/wp-content/uploads/documents/Manzolli\\_Rajao\\_21\\_Illegalidade%20cadeia%20do%20Ouro.pdf](http://www.lagesa.org/wp-content/uploads/documents/Manzolli_Rajao_21_Illegalidade%20cadeia%20do%20Ouro.pdf)>.

Channing May. *Transnational crime and the developing world*. Global Financial Integrity, 2017. Disponível em:  
<[https://secureservercdn.net/50.62.198.97/34n.8bd.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/03/Transnational\\_Crime-final.pdf](https://secureservercdn.net/50.62.198.97/34n.8bd.myftpupload.com/wp-content/uploads/2017/03/Transnational_Crime-final.pdf)>.

Christian Nellemann et al. *The rise of environmental crime: a growing threat to natural resources*. Peace, Development and Security, A UNEP INTERPOL Rapid Response Assessment (Oslo: United Nations Environment Programme; RHIPTO Rapid Response-Norwegian Center for Global Analyses, 2016. Disponível em: <[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7662/-The\\_rise\\_of\\_environmental\\_crime\\_A\\_growing\\_threat\\_to\\_natural\\_resources\\_peace%2C\\_development\\_and\\_security-2016environmental\\_crimes.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7662/-The_rise_of_environmental_crime_A_growing_threat_to_natural_resources_peace%2C_development_and_security-2016environmental_crimes.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>.

*Diretrizes da OCDE para Empresas Multinacionais (OECD Guidelines for Multinational Enterprises)*, 2011. Disponível em: <<https://www.oecd.org/daf/inv/mne/48004323.pdf>>.

*EITI - Extractive Industries Transparency Initiative* – 2019, 2ª edição, outubro de 2019. Acessado em em 14 de dezembro de 2021. Disponível em: <<https://eiti.org/guide>>.

*Guia da OCDE de Devida Diligência para Cadeias de Suprimento Responsáveis de Minerais de Áreas Afetadas por Conflitos e de Alto Risco (OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas)*: Third Edition, OECD Publishing, Paris, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264252479-en>>.

*Guia da OCDE de Devida Diligência para uma Conduta Empresarial Responsável*, OCDE (2018). Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/camex/pcn/guias-da-ocde-sobre-a-devida-diligencia>>.

*Ferramenta de Conscientização de Riscos da OCDE para Empresas Multinacionais em Zonas de Governança Fraca (OECD Risk Awareness Tool for Multinational Enterprises in Weak Governance Zones)*, 2006. Disponível em: <<https://www.oecd.org/daf/inv/corporateresponsibility/36885821.pdf>>

Instituto Escolhas. *Raio X do ouro: mais de 200 toneladas podem ser ilegais*. 2022. Disponível em: <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Ouro-200-toneladas.pdf>>.

Instituto Escolhas. *Proposta de Minuta para Resolução – Bacen*. 2020. Disponível em: <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/2020/09/Minuta-Resolu%C3%A7%C3%A3o-BACEN-Conformidade-Legal-Ouro-Em-Consulta.pdf>>.

Instituto Escolhas. *Brasil exporta ouro ilegal*. Policy Brief nº 5, julho de 2021. Disponível em: <<https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Brasil-Exporta-Ouro-Ilegal.pdf>>.

Instituto Escolhas. *Levantamento de melhores práticas para sistemas de rastreabilidade da cadeia do ouro ao redor do mundo*. Relatório de Pesquisa, 2021.

MapBiomass, *Mapeamento da superfície de mineração industrial e garimpo no Brasil*. Coleção 6. Disponível em:  
<[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact\\_Sheet\\_1.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_1.pdf)>.

Ministério Público Federal. *Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas*. 2020. Disponível em:  
<<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/ManualMineraoIlegaldoOuronaAmazoniaVF.pdf#page=88>>.

Responsible Minerals Initiative Blockchain Guidelines. Second Edition, 2020. Disponível em:  
<<http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI%20Blockchain%20Guidelines%20-%20Second%20Edition%20-%20March%202020%20FINAL.pdf>>.

Responsible Minerals Initiative Due Diligence in the Gold Supply Chain. 2018. Disponível em:  
<[http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI\\_GoldConf\\_180103\\_digital.pdf](http://www.responsiblemineralsinitiative.org/media/docs/RMI_GoldConf_180103_digital.pdf)>

Satoshi Nakamoto. *Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system*. Disponível em:  
<<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>.

### **Reportagens, notícias e artigos de opinião**

“Governo e garimpeiros defendem viabilidade ambiental de mineração na Amazônia”. *Agência Câmara*, 17 de setembro de 2019. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/noticias/586081-governo-e-garimpeiros-defendem-viabilidade-e->>.

“Projeto do governo viabiliza exploração de minérios em terras indígenas”. *Agência Câmara*, 6 de fevereiro de 2020. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/noticias/634893-projeto-do-governo-viabiliza-exploracao-de-minerios-em-terras-indigenas/>>.

“Proposta autoriza empresas a comprar ouro diretamente de áreas de garimpo”. *Agência Câmara*, 20 de fevereiro de 2020. Disponível em:  
<<https://www.camara.leg.br/noticias/637534-proposta-autoriza-empresas-a-comprar-ouro-diretamente-de-areas-de-garimpo/>>.

“Estudo denuncia epidemia de garimpos na Amazônia brasileira”. *Deutsche Welle Brasil*, 10 de dezembro de 2018. Disponível em:

<<https://www.dw.com/pt-br/estudo-denuncia-epidemia-de-garimpos-na-amaz%C3%B4nia-brasileira/a-46664874>>.

“General Heleno autoriza avanço de garimpo em áreas preservadas na Amazônia”. *Folha de S.Paulo*, 5 de dezembro de 2021. Disponível em:

<<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2021/12/general-heleno-autoriza-avanco-de-garimpo-em-areas-preservadas-na-amazonia.shtml>>.

“Gold on a blockchain? What, how and why”. *FinTech Magazine*. Disponível em:

<<https://fintechmagazine.com/venture-capital/gold-blockchain-what-how-and-why>>.

“Just around the block – Blockchain and revolutionizing compliance in supply chains”. *FSC Site*. Disponível em: <<https://fsc.org/en/newsfeed/just-around-the-block-blockchain>>.

Lorna Nicholas. “Security matters and Perth Mint to establish ‘world first’ traceable mine to market gold solution”. 29 de julho de 2020. Disponível em:

<<https://smallcaps.com.au/security-matters-perth-mint-establish-world-first-traceable-mine-market-gold-solution/>>.

Matheus Pimentel. “Bolsonaro: a defesa aberta de garimpeiros e as críticas à Vale”. *Nexo Jornal*, 2 de outubro de 2019. Disponível em:

<<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2019/10/02/Bolsonaro-a-defesa-aberta-de-garimpeiros-e-as-cr%C3%ADticas-%C3%A0-Vale>>.

“Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira por satélite”. *INPE site*,. Disponível em:

<<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>.,

“Funai participa de ação conjunta de combate a garimpos ilegais em terra indígena do Mato Grosso”. *Ministério da Justiça e Segurança Pública Notícias*, 20 de outubro de 2021. Disponível em:

<<https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2021/funai-participa-de-acao-conjunta-de-combate-a-garimpos-ilegais-em-terra-indigena-do-mato-grosso>>.

Naira Hofmeister. “How backhoe makers encourage illegal mining in the Amazon”. *Repórter Brasil*, 28 de outubro 2021. Disponível em:

<<https://reporterbrasil.org.br/2021/10/how-backhoe-makers-encourage-illegal-mining-in-the-amazon/>>.

Fabio Bispo, “Novo Código de Mineração propõe aprovação automática de milhares de processos parados na ANM”. *O Eco*, 3 de dezembro de 2021. Disponível em: <<https://oeco.org.br/reportagens/novo-codigo-de-mineracao-propoe-aprovacao-automatizada-de-milhares-de-processos-parados-na-anm/>>.

Pedro Papini et al. “Cooperativa de garimpo recém-criada se alça a uma das maiores mineradoras na Amazônia”. *Folha de São Paulo*, 22 de outubro de 2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2021/10/cooperativa-de-garimpo-recem-criada-se-alca-a-uma-das-maiores-mineradoras-na-amazonia.shtml>>.

Renato Grandelle. “Agência Nacional de Mineração tem apenas 250 fiscais para cuidar de 35 mil minas”. *O Globo*, 2 de março de 2021. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/um-so-planeta/agencia-nacional-de-mineracao-tem-apenas-250-fiscais-para-cuidar-de-35-mil-minas-1-24902168>>.

Shanna Hanbury. “What’s the cost of illegal mining in Brazil’s Amazon? A new tool calculates it”. *Mongabay*, 11 de junho de 2021. Disponível em: <<https://news.mongabay.com/2021/06/whats-the-cost-of-illegal-mining-in-brazils-amazon-a-new-tool-calculates-it/>>.

“Update: Top 10 gold producing countries”. *Forbes*, 23 de junho de 2021. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/greatspeculations/2021/06/23/updated-top-10-gold-producing-countries/?sh=5a748b712ce2>>.