

# **Terras Raras e Soberania: Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS).**

Nélio Fernando dos Reis, Fábio Roberto Izepe y Alequexandre Galvez de Andrade.

Cita:

Nélio Fernando dos Reis, Fábio Roberto Izepe y Alequexandre Galvez de Andrade (2025). *Terras Raras e Soberania: Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)*. Jundiaí: Revista Inovação Social.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/revista.inovacao.social/17>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/p0tA/8ch>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

# Terras Raras e Soberania

Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre  
Terras Raras e Soberania (COBRAS)



Organizadores:  
Nélio Fernando dos Reis  
Fábio Roberto Izepe  
Alequexandre G. de Andrade

Terras Raras e Soberania  
Estudos do 1º Congresso  
Brasileiro sobre Terras Raras  
e Soberania (COBRAS)  
Volume I

## DISCLAIMER

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial dos organizadores. Permitido o uso da obra desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, sem o consentimento e autorização dos autores, exceto quanto utilizada pelos próprios autores.

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Declaro que, se aprovado para publicação, o referido texto não será submetido a outro periódico sem prévia autorização do Conselho Editorial. Caso aprovado e selecionado, autorizo a respectiva publicação da produção no periódico/livro supra referido, responsabilizando-me pelo seu teor, ciente de que a publicação implica transferência gratuita dos direitos autorais à Revista, nas versões eletrônica e impressa, conforme permissivo constante do artigo 49 da Lei de Proteção de Direitos Autorais (Lei nº 9.610, de 19/02/98), e que a não observância desse compromisso submeterá o infrator a sanções previstas no mesmo diploma legal. Declaro ainda, que tenho autorização para representar todos os autores na referida declaração.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2025 by Organizadores

Copyright © Organizadores

Copyright do texto © 2025 Os autores

Copyright da edição © 2025 Organizadores

Direitos para esta edição cedidos aos Organizadores pelos autores.

Open access publication by RIS.

## **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Terras Raras e Soberania: Estudos do 1º Congresso Brasileiro Sobre Terras Raras e Soberania / Organização: Nélio Fernando dos Reis... [et. al]. – Jundiaí, SP: Ed. dos Autores, 2025.

Vários autores

Outros Organizadores: Fábio Roberto Izepe, Alequexandre Galvez de Andrade

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-79731-1

1. Terras Raras 2. Soberania 3. Matemática Aplicada 4. Valuation. Dos Reis, Nélio Fernando . II Izepe, Fábio Roberto. III De Andrade, Alequexandre Galvez.

CDD. 553.49

## O Congresso

As terras raras, apesar do nome, representam um grupo de elementos químicos de grande abundância na crosta terrestre, mas cuja exploração e separação eficiente ainda são desafios técnicos e econômicos. Essas substâncias possuem propriedades únicas, como alta luminescência, magnetismo e estabilidade química, que as tornam essenciais para uma vasta gama de aplicações tecnológicas modernas, incluindo a fabricação de lasers, ímãs de alta performance, catalisadores e materiais para tecnologias de ponta em saúde, energia e defesa.

A sua importância econômica é indiscutível. Países que dominam a cadeia de produção e controle desses recursos desfrutam de vantagens estratégicas no mercado global, influenciando desde a inovação tecnológica até a segurança nacional. Portanto, a soberania de uma nação no acesso, controle e desenvolvimento de suas reservas de terras raras é fundamental para assegurar autonomia tecnológica, competitividade econômica e proteção dos interesses nacionais.

Este congresso representa uma oportunidade única de promover o intercâmbio de conhecimentos, discutir políticas de recursos minerais, fortalecer estratégias de exploração sustentável e estimular investimentos em pesquisa e inovação. Assim, podemos consolidar uma postura soberana, diversificando a matriz de fornecimento e garantindo que nosso país não apenas seja um usuário de tecnologias avançadas, mas também um protagonista no cenário mundial de produção dessas essenciais riquezas minerais.

Terras Raras nos daria a capacidade de produzir riqueza que confere ao Estado maior autonomia e poder na definição de suas políticas econômicas e em sua posição perante o cenário internacional. Quando um país consegue gerar e administrar sua própria riqueza, sua soberania se fortalece, pois ele dispõe de recursos e instrumentos que lhe permitem exercer controle sobre seu território, sua economia

e suas decisões políticas, sem depender excessivamente de interesses externos.

Neste sentido, a exploração de terras raras dentro de um modelo próprio de desenvolvimento nos daria a maior oportunidade que o Brasil já teve, porém é preciso pensar em uma legislação específica que utilize este Business para Investimento e para a segurança nacional, desta forma teremos a maior revolução de infraestrutura e defesa deste País. Porém, caso esses recursos sejam utilizados dentro do orçamento atual, teremos apenas gastos e grandes nações só crescem com investimento. Com esta provocação queremos trazer palestrantes que tragam discussões que promovam debates ricos e que possam contribuir com a construção de um Brasil diferente e mais Soberano.

Que este livro seja um catalisador, um ímã e que produza insights para o fortalecimento da nossa soberania e para a valorização dos nossos recursos naturais, reafirmando nosso compromisso com o desenvolvimento sustentável e com a autonomia tecnológica do Brasil.

**Os Organizadores**

## **Prefácio**

As Terras Raras, apesar do nome, não são elementos escassos na natureza. Elas formam um conjunto de substâncias químicas abundantes na crosta terrestre, porém de extração e separação complexas, o que as torna estratégicas e valiosas. Com propriedades únicas, como magnetismo, luminescência e estabilidade química, são indispensáveis para a produção de tecnologias modernas, como ímãs de alta performance, turbinas eólicas, veículos elétricos, semicondutores, lasers, catalisadores e equipamentos de defesa e comunicação.

Dominar a cadeia produtiva das Terras Raras é dominar o futuro. As nações que controlam essas etapas da mineração ao refino e à manufatura, conquistam poder econômico, autonomia tecnológica e influência geopolítica. Essa realidade impõe um desafio e, ao mesmo tempo, uma oportunidade ao Brasil: transformar seu imenso potencial mineral em um instrumento de soberania, desenvolvimento sustentável e inovação industrial.

O Congresso de Terras Raras e Soberania surge com esse propósito: promover o intercâmbio de ideias e experiências entre pesquisadores, gestores públicos, empreendedores e estudantes, a fim de pensar o país de forma estratégica. Mais do que discutir recursos naturais, este encontro propõe refletir sobre o papel do conhecimento, da tecnologia e da racionalidade produtiva na construção de uma soberania moderna, aquela que se baseia em eficiência, ciência e autonomia.

Os estudos reunidos neste livro partem de uma mesma convicção: o verdadeiro poder de uma nação não está apenas em suas reservas, mas na sua capacidade de transformá-las em valor. A soberania, portanto, é resultado do domínio tecnológico e da inteligência produtiva. O Brasil, mesmo sendo um dos países com maiores reservas de Terras Raras do planeta, ainda participa de forma marginal no mercado global, pois exporta matéria-prima e importa tecnologia. Inverter essa lógica é o primeiro passo para tornar-se

protagonista em uma economia global cada vez mais guiada pela inovação.

As análises apresentadas ao longo desta obra mostram, de maneira clara e objetiva, que investir em refino, pesquisa e manufatura de alta tecnologia é o caminho mais seguro para fortalecer o poder nacional e gerar desenvolvimento sustentável. O refino e a transformação industrial multiplicam o valor das Terras Raras e podem ampliar significativamente o poder econômico do país, reduzindo vulnerabilidades e criando novas oportunidades de emprego, aprendizado e inovação.

Para que esse potencial se concretize, é indispensável pensar em políticas específicas e em uma legislação moderna, capaz de tratar as Terras Raras como um ativo estratégico de longo prazo, não apenas como uma fonte de receita, mas como instrumento de soberania, infraestrutura e segurança nacional. Um projeto dessa natureza exige investimentos consistentes, visão de futuro e compromisso coletivo entre Estado, universidades e setor produtivo.

Assim, este congresso e este livro representam um convite à ação. Um chamado para que o Brasil olhe para suas riquezas com um novo olhar, com foco na ciência, na estratégia e na responsabilidade. Que as ideias aqui reunidas inspirem políticas públicas, parcerias tecnológicas e decisões que coloquem o país no centro da transição energética e digital global.

Que esta obra seja, como propõe sua metáfora, um catalisador de mudanças e um ímã de conhecimento. Que produza reflexões, desperte vocações e contribua para a construção de um Brasil mais inovador, sustentável e soberano — um país capaz de transformar seus recursos em poder e seu conhecimento em liberdade.

**Boa Leitura!**

**Nélio Fernando dos Reis**

## **Preface**

Despite their name, Rare Earth Elements are not truly rare in nature. They form a group of chemically unique elements that, while abundant in the Earth's crust, are difficult to extract and separate, a complexity that makes them both strategic and valuable. With remarkable properties such as magnetism, luminescence, and chemical stability, they are essential components in modern technologies including high-performance magnets, wind turbines, electric vehicles, semiconductors, lasers, catalysts, and advanced systems for health, energy, and defense.

To master the Rare Earth value chain is to master the future. Nations that control the stages of mining, refining, and manufacturing hold not only economic power but also technological autonomy and geopolitical influence. This reality presents both a challenge and an opportunity for Brazil, to transform its vast mineral potential into a foundation for sovereignty, sustainable development, and industrial innovation.

The Congress on Rare Earths and Sovereignty was conceived with this vision, to foster the exchange of ideas and experiences among researchers, policymakers, entrepreneurs, and students, with the goal of thinking strategically about Brazil's future. More than a discussion on natural resources, this event invites reflection on the role of knowledge, technology, and productive rationality in building a new model of sovereignty, one grounded in efficiency, science, and independence.

The studies compiled in this volume share a common conviction: the true power of a nation lies not in the size of its reserves but in its ability to transform them into value. Sovereignty, therefore, is built through technological mastery and productive intelligence. Brazil, although one of the countries with the largest Rare Earth reserves in the world, still plays a limited role in the global market because it exports raw materials and imports technology. Reversing this logic is essential for

the country to assume a leading position in an economy increasingly driven by innovation.

The analyses presented here demonstrate clearly and objectively that investment in refining, research, and high-tech manufacturing is the most effective path to strengthening national power and achieving sustainable development. Refining and industrial transformation multiply the economic value of Rare Earths, enhancing Brazil's technological capabilities while generating jobs, knowledge, and innovation.

To make this potential a reality, the country must adopt specific public policies and a modern legal framework that treats Rare Earths as a strategic long-term asset, not merely a budgetary commodity, but a foundation for infrastructure, national security, and technological sovereignty. Such a project demands consistent investment, vision, and coordinated action between the State, academia, and the productive sector.

This congress and the publication that accompanies it are, therefore, a call to action, an invitation for Brazil to view its natural wealth through the lenses of science, foresight, and responsibility. May the reflections gathered in these pages inspire new policies, technological partnerships, and initiatives that position Brazil as a key player in the global energy and digital transition.

May this book serve as a catalyst for ideas and a magnet for innovation, producing insights that strengthen national sovereignty and affirm the value of Brazil's natural and intellectual resources. May it contribute to building a nation that transforms its resources into power and its knowledge into freedom.

**Enjoy your Reading!**

**Nélio Fernando dos Reis**

## Sumário

<b><i>O modelo matemático do equilíbrio de poder soberano entre países que disputam o controle das Terras Raras (REE-REO)</i></b> .....	11
<b><i>The Mathematical Model of the Sovereign Power Equilibrium Among Countries Competing for Control of Rare Earth Elements (REE-REO)</i></b> .....	11
Nelio Fernando dos Reis; Fabio Roberto Izepe; Alequexandre Galvez de Andrade .....	11
<b><i>Harmonia Produtiva e Soberania Industrial: a proporção áurea na eficiência do refino e processamento sustentável</i></b> .....	35
<b><i>Productive Harmony and Industrial Sovereignty: the Golden Ratio in efficiency and sustainable processing</i></b> .....	35
Nivaldo Luis da Silva; Matheus Parolin Cardoso; Kleber Jose da Silva .....	35
<b><i>Fibonacci, DEI e Soberania Nacional: um modelo harmônico de equilíbrio produtivo</i></b> .....	47
<b><i>Fibonacci, DEI and National Sovereignty: a harmonic model of productive balance</i></b> .....	47
Alaine Caroline Cruz Freire; Bruna Vitória Pereira Barbosa; Geovani Ramos Brito .....	47
<b><i>Inovação, Qualidade e Soberania: A Energia Social das Organizações e Nações</i></b> .....	57
<b><i>Innovation, Quality, And Sovereignty: The Social Energy Of Organizations And Nations</i></b> .....	57
Alequexandre Galvez de Andrade; Nélio Fernando dos Reis; Fábio Roberto Izepe .....	57

<b><i>A Matriz Tigap E A Soberania Inovadora: O Caso De Cingapura E Sua Energia Social.....</i></b>	<b>66</b>
<b><i>The Tigap Matrix And Innovative Sovereignty: The Case Of Singapore And Its Social Energy .....</i></b>	<b>66</b>
Alequexandre Galvez de Andrade <sup>1</sup> ; Nélio Fernando dos Reis <sup>1</sup> ; Fábio Roberto Izepepe <sup>1</sup> ; Debora Oliveira de Melo Ricio; Samara Melo de Oliveira .....	66
<b><i>Mecânica quântica, soberania e guerra híbrida nas terras raras e no campo estratégico da incerteza .....</i></b>	<b>74</b>
<b><i>Quantum mechanics, sovereignty and hybrid warfare in rare earths and the strategic field of uncertainty .....</i></b>	<b>74</b>
Nelio Fernando dos Reis; Fabio Izepepe; Alequexandre Galvez de Andrade .....	74
<b><i>Equilíbrio Gerencial e Soberania Organizacional: Fibonacci no Capital Humano de Empresas Tecnológicas .....</i></b>	<b>81</b>
<b><i>Managerial Balance and Organizational Sovereignty: Fibonacci in the Human Capital of Technological Companies.....</i></b>	<b>81</b>
Charles Rodrigues de Souza; Christopher da Silva Almeida; Gerlany de Lima Ferreira .....	81
<b><i>A Proporção Áurea na Governança empresarial: DEI e Eficiência na Indústria Brasileira .....</i></b>	<b>89</b>
<b><i>The Golden Ratio in Corporate Governance: DEI and Efficiency in the Brazilian Industry.....</i></b>	<b>89</b>
Joice Evelyn de Andrade Simao; Lara Sofia Silva Araujo de Souza; Miriene Silva Leal.....	89
<b><i>A Proporção Estratégica de Fibonacci na Logística Dual-Use: produção, resiliência e soberania nacional .....</i></b>	<b>95</b>

<b><i>The Strategic Fibonacci Ratio in Dual-Use Logistics: production, resilience and national sovereignty .....</i></b>	<b>95</b>
Filipe Soares dos Santo; Sara Tafiny Pinheiro Fernandes) ..... 95	
<b><i>Serviço Militar Obrigatório e o Jovem No Mercado de Trabalho: Facilitador ou Obstáculo na Inserção Profissional? .....</i></b>	<b>101</b>
<b><i>Compulsory Military Service And Youth In The Labor Market: Facilitator Or Obstacle To Professional Integration? .....</i></b>	<b>101</b>
Willian Augusto Pereira da Silva; Fábio Roberto Izepepe; Alequexandre Galvez de Andrade; Nélio Fernando dos Reis; Fernando Henrique Amorim ..... 101	
<b><i>A importância da educação cívico-militar para a Soberania Nacional sob uma perspectiva psicológica e cultural.....</i></b>	<b>120</b>
<b><i>The Importance Of Civic-Military Education For National Sovereignty From Psychological And Cultural Perspective</i></b>	<b>120</b>
Edineia Martinez Jandotti ..... 120	
<b><i>A educação como pilar da soberania nacional .....</i></b>	<b>125</b>
<b><i>Education as a pillar of national sovereignty.....</i></b>	<b>125</b>
Ivan Carlos da Silva ..... 125	
<b><i>Soberania e Direitos Humanos: Entre a Autodeterminação e a Proteção Internacional.....</i></b>	<b>133</b>
<b><i>Sovereignty And Human Rights: Between Self-Determination And International Protection .....</i></b>	<b>133</b>
Paulo Fernando de Almeida ..... 133	
<b><i>Valuation na cadeia de Terras Raras: um teste de soberania industrial.....</i></b>	<b>138</b>
<b><i>Valuation in the Rare Earth supply chain: a test of industrial sovereignty.....</i></b>	<b>138</b>
Bruno Fernando dos Reis ..... 138	

<b><i>Recent Advances In Agribusiness: .....</i></b>	<b><i>147</i></b>
<b><i>Exploring Photonics, Machine Learning, And Computer Vision Techniques .....</i></b>	<b><i>147</i></b>
Cédrick Bamba Nsimba <sup>1</sup> , Reijane Salazar Costa <sup>2</sup> .....	147
<b><i>O modelo matemático do poder mineral: Teoria dos Jogos, Prospect Theory e Índice Global de Soberania na Cadeia das Terras Raras .....</i></b>	<b><i>160</i></b>
<b><i>The mathematical model of mineral power: Game Theory, Prospect Theory and Global Sovereignty Index in the Rare Earths Chain .....</i></b>	<b><i>160</i></b>
Nelio Fernando dos Reis.....	160
<b><i>Escala 6x1 e os desafios do direito do trabalho contemporâneo: entre soberania produtiva e proteção social .....</i></b>	<b><i>167</i></b>
<b><i>6x1 work schedule and the challenges of contemporary labor law: between productive sovereignty and social protection</i></b>	<b><i>167</i></b>
Camila Schumann.....	167
<b><i>Reforma tributária e soberania científico-tecnológica .....</i></b>	<b><i>174</i></b>
<b><i>Tax reform and scientific-technological sovereignty .....</i></b>	<b><i>174</i></b>
Everton Araújo da Silva.....	174

**O MODELO MATEMÁTICO DO EQUILÍBRIO DE PODER  
SOBERANO ENTRE PAÍSES QUE DISPUTAM O CONTROLE  
DAS TERRAS RARAS (REE-REO)**

**THE MATHEMATICAL MODEL OF THE SOVEREIGN POWER  
EQUILIBRIUM AMONG COUNTRIES COMPETING FOR  
CONTROL OF RARE EARTH ELEMENTS (REE-REO)**

*Nelio Fernando dos Reis; Fabio Roberto Izepe; Alequexandre  
Galvez de Andrade*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP

**Resumo:** Apresenta-se, em linguagem acessível, um modelo matemático que explica o equilíbrio de poder entre países que disputam o controle das Terras Raras (REE-REO). São integradas três dimensões teóricas — a racionalidade estratégica de John Nash, a racionalidade comportamental de Daniel Kahneman e a racionalidade estrutural do Índice Global de Soberania (IGS) — para avaliar o impacto do refino e da tecnologia sobre a soberania nacional. Com base em dados recentes (USGS 2025, IEA 2024), demonstra-se que o Brasil, apesar de possuir grandes reservas, obtém pouco poder econômico por não dominar o refino. As equações mostram que a variação de poder soberano no refino é até seis vezes maior que na mineração, e que parcerias tecnológicas com os Estados Unidos ampliam previsibilidade e aprendizado produtivo, enquanto a dependência da China gera vulnerabilidade.

Palavras-chave: Terras Raras; Soberania; Índice Global de Soberania; EUA; China; Modelagem Matemática.

**Abstract:** Develops, in accessible mathematical language, a model explaining the power equilibrium among countries competing for control of Rare Earth Elements (REE-REO). It integrates three theoretical dimensions

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

— *Nash’s strategic rationality, Kahneman’s behavioral rationality, and the structural rationality of the Global Sovereignty Index (IGS). Based on 2024–2025 data (USGS, IEA), results show that although Brazil holds vast reserves, it loses sovereignty by lacking refining capacity. The mathematical model reveals that sovereignty gains from refining are about six times greater than from mining, and that partnerships with the United States provide stability and learning advantages compared to dependence on China.*

*Keywords: Rare Earths; Sovereignty; Global Sovereignty Index; United States; China; Mathematical Modeling.*

## 1. INTRODUÇÃO

As Terras Raras formam um grupo de dezessete elementos químicos essenciais à economia tecnológica moderna. Estão presentes em turbinas eólicas, carros elétricos, semicondutores, satélites, sistemas de guiagem e equipamentos de defesa.

O Brasil possui cerca de 21 milhões de toneladas de reservas, mas responde por menos de 0,1% do refino mundial. A China controla 90% do mercado de refino, os EUA 12%, e a Austrália 8%. Essa assimetria evidencia que quem refina, domina.

O problema científico central é:

*Por que países com grandes reservas, como o Brasil, têm pouco poder soberano?*

Parte-se da hipótese de que o poder nacional não depende apenas de extrair, mas de refinar e industrializar. A hipótese será testada com um modelo que combina teoria dos jogos, economia comportamental e soberania estrutural, articuladas matematicamente e calibradas com dados reais de preços, custos e participações.

O objetivo é comparar China, EUA e Brasil, demonstrando, por A + B, que o refino e a manufatura elevam o poder soberano mais que a simples mineração.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação integra três níveis: o estratégico, o comportamental e o estrutural, que interagem por meio de funções matemáticas simples.

### 2.1 A equação da soberania

O Índice Global de Soberania (IGS) pode ser expresso como combinação linear das atividades básicas de uma cadeia mineral:

$$IGS = aM + bR + cX,$$

em que

$M$  = mineração,  $R$  = refino,  $X$  = manufatura tecnológica;

$a, b, c$  = pesos médios de contribuição à soberania.

As derivadas parciais indicam o impacto marginal de cada atividade:

$$\frac{\partial IGS}{\partial M} = a, \frac{\partial IGS}{\partial R} = b, \frac{\partial IGS}{\partial X} = c.$$

Quando  $b > a$  e  $c > b$ , o aumento de soberania por refino ou manufatura supera o da mineração.

Dados empíricos (Reis, 2025) mostram que  $b \approx 0,15$  e  $a \approx 0,025$ , ou seja, o refino gera 6 vezes mais soberania que a extração bruta.

### 2.2 Teoria dos Jogos (Nash, 1951)

Cada país  $i$  escolhe sua estratégia  $s_i \in \{M, R, X\}$  e obtém utilidade

$$U_i(s_i, s_{-i}) = \pi_i - c_i + \alpha_i f_i(s_{-i}),$$

onde  $\pi_i$  é o lucro,  $c_i$  o custo e  $\alpha_i f_i(s_{-i})$  o efeito das decisões alheias. O equilíbrio de Nash ocorre quando:

$$U_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq U_i(s_i, s_{-i}^*), \forall i.$$

Na prática: China (estratégia R+X) força EUA e Brasil a reagirem; ninguém tem incentivo individual para mudar — isso configura o equilíbrio geoestratégico atual.

### 2.3 Teoria do Comportamento (Kahneman e Tversky, 1979)

Decisões nacionais também envolvem medo de perder poder. Define-se a utilidade psicológica:

$$V_i = \omega_i(p_i) v_i(\Delta x_i), U_i' = (1 - \beta_i)U_i + \beta_i V_i,$$

onde  $\omega_i$  distorce probabilidades e  $\beta_i$  representa o peso emocional. Exemplo: os EUA taxaram a China em 2019 não só por cálculo econômico, mas pela aversão à perda de hegemonia — um caso típico de  $\beta_i > 0$ .

### 2.4 Soberania estrutural (Reis, 2025)

O IGS integra seis pilares:

$$IGS_i = w_P \hat{P}_i + w_E \hat{E}_i + w_C \hat{C}_i + w_M \hat{M}_i + w_S \hat{S}_i + w_I \hat{I}_i,$$

onde  $\hat{P}, \hat{E}, \hat{C}, \hat{M}, \hat{S}, \hat{I} \in [0,1]$  representam produção, energia, ciência, defesa, coesão social e informação.

O país soberano é o que controla sua cadeia tecnológica completa, não apenas exporta minério.

Com pesos  $w_P = 0,25, w_C = 0,20, w_I = 0,15$  e coeficientes  $\alpha_M = 0,10, \alpha_R = 0,30, \gamma_R = 0,25, \delta_R = 0,20$ ,

$$\frac{\partial IGS}{\partial M} = 0,025, \frac{\partial IGS}{\partial R} = 0,155,$$

mostrando matematicamente que o refino contribui 6,2 vezes mais para o poder soberano do que a mineração.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia adotada combina modelagem matemática, simulação econômica e comparação empírica entre países, a fim de demonstrar que o refino e a manufatura aumentam mais a soberania nacional do que a mineração.

O estudo foi estruturado em quatro etapas:

1. definição das funções de utilidade econômica e estrutural;
2. formulação das condições de dominância entre as etapas da cadeia (mineração, refino e manufatura);
3. cálculo dos limiares de custo e preço;
4. análise de sensibilidade e cenários comparativos (China, EUA e Brasil).

#### **3.1 Estrutura geral do modelo**

O modelo baseia-se em três funções complementares:

1. Função estratégica (Nash) – mede a utilidade direta e indireta das decisões:

$$U_i(s_i, s_{-i}) = \pi_i - c_i + \alpha_i f_i(s_{-i}),$$

onde  $\pi_i$  é o lucro,  $c_i$  o custo e  $\alpha_i f_i(s_{-i})$  o efeito indireto das decisões dos outros países.

2. Função comportamental (Kahneman) – ajusta o componente psicológico:

$$U'_i = (1 - \beta_i)U_i + \beta_i V_i, V_i = \omega_i(p_i) v_i(\Delta x_i),$$

com  $\beta_i \in [0,1]$  representando a influência emocional nas escolhas (aversão à perda).

3. Função estrutural (Reis) – traduz a relação entre tecnologia e soberania:

$$IGS = w_P \hat{P} + w_E \hat{E} + w_C \hat{C} + w_M \hat{M} + w_S \hat{S} + w_I \hat{I}.$$

O gradiente do IGS determina quanto cada atividade (M, R, X) contribui para o poder nacional:

$$\frac{\partial IGS}{\partial M}, \frac{\partial IGS}{\partial R}, \frac{\partial IGS}{\partial X}.$$

Essas três funções são integradas em um modelo de equilíbrio triplo, em que:

$$\Phi = \sum_i \theta_i U'_i + (1 - \theta_i) IGS_i,$$

e o equilíbrio global ocorre quando:

$$\nabla_{s_i} \Phi = 0, \forall i.$$

### 3.2 Estrutura matemática da cadeia produtiva

Considera-se um sistema com três blocos produtivos:

Símbolo	Atividade	Exemplo prático	Valor agregado
<i>M</i>	Mineração	Lavra de monazita e bastnasita	Baixo
<i>R</i>	Refino (SX/IX)	Separação de Nd, Pr, Dy, Tb	Médio
<i>X</i>	Manufatura	Ímãs NdFeB, ligas, chips	Alto

O poder total da cadeia pode ser expresso como:

$$IGS = aM + bR + cX, \text{ com } c > b > a > 0.$$

O valor soberano marginal de cada etapa é dado por:

$$\frac{\partial IGS}{\partial M} = a, \frac{\partial IGS}{\partial R} = b, \frac{\partial IGS}{\partial X} = c.$$

Se  $b > a$  e  $c > b$ , então:

$$\frac{\partial IGS}{\partial R} > \frac{\partial IGS}{\partial M} \text{ e } \frac{\partial IGS}{\partial X} > \frac{\partial IGS}{\partial R}.$$

Essa desigualdade constitui o Teorema 1 (Dominância do Refino e Manufatura).

### 3.3 Funções econômicas de receita e lucro

A receita total do refino é obtida por:

$$R_{mix} = \rho_R T_{REO} \sum_{e=1}^{17} p_e w_e,$$

onde  $p_e$  é o preço de cada óxido,  $w_e$  sua fração em massa e  $\rho_R$  a recuperação metalúrgica.

A receita dos ímãs NdFeB é:

$$R_{mag} = u \rho_X T_{REO}^{\mathcal{M}} B^{\mathcal{M}},$$

em que:

- $u > 1$  é o *uplift* (valor agregado industrial);
- $T_{REO}^{\mathcal{M}} = \lambda T_{REO}$  é a fração voltada a ímãs;
- $B^{\mathcal{M}} = \sum_{e \in \{Nd, Pr, Dy, Tb\}} p_e \tilde{w}_e$  é o valor médio da subcesta magnética.

Os lucros anuais são dados por:

$$\begin{aligned} \Pi_M &= B_M \rho_M T_{REO} - C_M, \Pi_R = B \rho_R T_{REO} - (C_M + C_R), \Pi_X(\lambda) \\ &= R_{mag} + R_{res} - (C_M + C_R + C_X). \end{aligned}$$

O sistema obedece às desigualdades:

$$\boxed{(B \rho_R - B_M \rho_M) T_{REO} > C_R \Rightarrow \Pi_R > \Pi_M} \quad (D1)$$

$$\boxed{u B^{\mathcal{M}} \rho_X \lambda T_{REO} > B \rho_R T_{REO} + C_X - \rho_R (1 - \lambda) T_{REO} B^{-\mathcal{M}} \Rightarrow \Pi_X > \Pi_R.} \quad (D2)$$

As condições (D1) e (D2) provam matematicamente que o refino domina a mineração e que a manufatura domina o refino, desde que o custo adicional ( $C_R, C_X$ ) não ultrapasse os ganhos marginais.

### 3.4 Cálculo do ponto de equilíbrio (threshold)

O limite de custo anualizado que torna o refino vantajoso é:

$$C_R^{\max} = (B\rho_R - B_M\rho_M)T_{REO}.$$

Analogamente, para a manufatura:

$$C_X^{\max} = uB^{\mathcal{M}}\rho_X\lambda T_{REO} - B\rho_R T_{REO} + \rho_R(1 - \lambda)T_{REO}B^{-\mathcal{M}}.$$

Se o custo real  $C_R < C_R^{\max}$  e  $C_X < C_X^{\max}$ , o projeto integrado é economicamente dominante.

### 3.5 Otimização da alocação ( $\lambda$ )

A decisão de quanto mineral destinar à produção de ímãs ( $\lambda$ ) é obtida pela maximização de:

$$\Pi_X(\lambda) = uB^{\mathcal{M}}\rho_X\lambda T_{REO} + \rho_R(1 - \lambda)T_{REO}B^{-\mathcal{M}} - (C_M + C_R + C_X).$$

Derivando em relação a  $\lambda$ :

$$\frac{d\Pi_X}{d\lambda} = T_{REO}(uB^{\mathcal{M}}\rho_X - \rho_R B^{-\mathcal{M}}).$$

- Se  $uB^{\mathcal{M}}\rho_X > \rho_R B^{-\mathcal{M}}$ , então  $\lambda^* = 1$ : todo o material deve ir para ímãs.
- Se for menor,  $\lambda^* = 0$ : não vale metalizar.
- Igualdade indica indiferença.

Com os valores reais ( $u = 2, B^{\mathcal{M}} = 82, \rho_X = 0,92, B^{-\mathcal{M}} = 6, \rho_R = 0,85$ ), obtém-se:

$$uB^{\mathcal{M}}\rho_X = 150,1 > 5,1 = \rho_R B^{-\mathcal{M}},$$

logo  $\lambda^* = 1$ : toda produção deve ser convertida em ímãs NdFeB.

### 3.6 Análise de sensibilidade

Foram avaliadas as derivadas parciais do lucro integrado  $\Pi_X$  em relação a parâmetros críticos:

$$\frac{\partial \Pi_X}{\partial p_{Nd}} = u \rho_X \lambda T_{REO} \tilde{w}_{Nd}, \quad \frac{\partial \Pi_X}{\partial \rho_X} = u B^M \lambda T_{REO}.$$

O lucro é muito mais sensível ao preço do neodímio ( $p_{Nd}$ ) e à eficiência do processo ( $\rho_X$ ) do que a qualquer outro fator. Pequenas melhorias tecnológicas multiplicam a margem global.

### 3.7 Premissas numéricas de simulação

Parâmetro	Valor adotado	Fonte/Observação
$T_{REO}$	$2,975 \times 10^6$ kg/ano	Base didática Brasil (monazita)
$B$	22,06 US\$/kg	Cesta média global
$B_M$	6 US\$/kg	Preço mistura bruta
$\rho_M, \rho_R, \rho_X$	0,70 / 0,85 / 0,92	Eficiências médias industriais
$u$	2,0	Valor agregado do ímã
$C_M, C_R, C_X$	45 / 36 / 20 mi US\$	Custos anuais médios
$B^M$	82 US\$/kg	Subcesta magnética
$B^{-M}$	6 US\$/kg	Óxidos residuais
$\lambda$	1	Alocação total para ímãs

Com esses valores, o modelo gera as análises apresentadas na próxima seção — Resultados e Discussões.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a seguir derivam diretamente das equações e parâmetros definidos na metodologia. São expostos de modo didático, com as tabelas numeradas, suas respectivas fontes e análises interpretativas após cada uma.

O foco é demonstrar quantitativamente porque o refino e a manufatura são mais vantajosos que a simples mineração e qual parceria estratégica é mais racional para o Brasil diante da disputa global entre Estados Unidos e China.

### 4.1 Estrutura de preço e composição da cesta de Terras Raras

A receita de cada metal depende de seu preço unitário e da fração que ocupa no minério. A Tabela 1 apresenta os principais elementos, seus preços médios de mercado e contribuições relativas ao valor total da “cesta” de óxidos de Terras Raras.

**Tabela 1 – Composição média e valor de mercado dos elementos de Terras Raras (2025)**

Elemento	Aplicação principal	Preço (US\$/kg)	Peso médio na rocha (%)	Contribuição (US\$/kg)
La	Vidros catalisadores	<sup>e</sup> 1,0	25	0,25
Ce	Polimento motores	<sup>e</sup> 1,5	45	0,68

**Terras Raras e Soberania**  
Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)

Elemento	Aplicação principal	Preço (US\$/kg)	Peso médio na rocha (%)	Contribuição (US\$/kg)
Nd	Ímãs, turbinas, veículos elétricos	80	17	13,60
Pr	Ímãs, baterias, lasers	85	5	4,25
Sm	Baterias e sensores	2,5	3	0,08
Dy	Ímãs de alta temperatura	220	0,5	1,10
Tb	Ímãs e displays	900	0,1	0,90
Y, Er, Lu, Sc e outros	Ligas e cerâmicas	10–600	4,4	1,20
Total médio (B)	—	—	100	22,06

Fonte: Elaboração do autor com base em USGS (2025) e IEA (2024).

A maior parte do valor econômico (cerca de 90%) concentra-se em apenas quatro metais — Nd, Pr, Dy e Tb — que, juntos, representam apenas 20% da massa. Isso explica o “paradoxo brasileiro”: o país possui reservas enormes de La e Ce, mas praticamente não participa do mercado de alto valor, dominado pelos metais magnéticos. Logo, sem refino seletivo e metalização, o Brasil continuará capturando menos de 10% do valor potencial de suas reservas.

## 4.2 Índice de Poder Mineral (MPS)

O Índice de Poder Mineral (*Mineral Power Score* - MPS) quantifica a influência global de um país, ponderando mineração (REE) e refino (REO):

$$MPS = 0,45(REE) + 0,55(REO).$$

**Tabela 2 – Índice de Poder Mineral (MPS) por país (2025)**

País	Mineração (REE %)	Refino (REO %)	MPS (normalizado)	Tipo de poder dominante
China	69	90	1,00	Técnico-industrial
EUA	12	9	0,17	Militar-tecnológico
Austrália	8	3	0,08	Logístico-produtivo
Mianmar	8	0	0,03	Fornecedor bruto
Índia	1	0,3	0,01	Científico emergente
Brasil	1	0,1	0,005	Energético potencial

*Fonte: Elaboração do autor com base em USGS (2025) e IEA (2024).*

A China domina a cadeia porque controla tanto a mineração quanto o refino. Os EUA, embora dependentes de importações, criaram mecanismos de estabilidade de preço e incentivos fiscais, que fortalecem sua base industrial.

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

O Brasil, em contraste, aparece com  $MPS \approx 0,005$  — valor ínfimo frente ao potencial geológico que possui.

### 4.3 Cálculo comparativo para o Brasil

Aplicando o modelo:

$$MPS = 0,45(0,01) + 0,55(0,001) = 0,00505.$$

Se o Brasil elevar o refino a 10% do mercado global:

$$MPS = 0,45(0,01) + 0,55(0,10) = 0,0595.$$

Resultado: o poder mineral nacional aumenta quase 12 vezes, sem abrir novas minas — apenas investindo em tecnologia de refino.

### 4.4 Cálculo de receitas e lucros por elo da cadeia

Com base nas premissas da metodologia ( $T_{REO} = 2,975 \times 10^6$  kg/ano), obteve-se:

**Tabela 3 – Receita e lucro por etapa da cadeia produtiva**

Elo	Receita (US\$ mi)	Custo (US\$ mi)	Lucro (US\$ mi)
Mineração (M)	12,5	45	-32,5
Refino (R)	55,8	81	-25,2
Manufatura (X)	112,7	101	+11,7

*Fonte: Elaboração do autor.*

O resultado confirma as desigualdades (D1) e (D2):

- O refino domina a mineração, pois reduz o prejuízo.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

- A manufatura domina o refino, pois transforma o déficit em lucro.

O lucro líquido positivo (US\$ +11,7 mi) ocorre apenas quando o país realiza todas as etapas da cadeia, especialmente a fabricação de ímãs NdFeB, que multiplicam o valor unitário do produto em mais de sete vezes.

#### 4.5 Limiar de custo (threshold)

Para o refino ( $C_R^{\max}$ ):

$$C_R^{\max} = (B \times \rho_R - B_M \times \rho_M) \times T_{\text{REO}}$$

$$C_R^{\max} = (22,06 \times 0,85 - 6 \times 0,70) \times 2.975.000$$

$$C_R^{\max} \approx 43,3 \text{ milhões de dólares por ano}$$

Para a manufatura ( $C_X^{\max}$ ):

$$C_X^{\max} = (u \times B^M \times \rho_X \times T_{\text{REO}}) - (B \times \rho_R \times T_{\text{REO}})$$

$$C_X^{\max} = (2,0 \times 82 \times 0,92 \times 2.975.000) - (22,06 \times 0,85 \times 2.975.000)$$

$$C_X^{\max} \approx 42,9 \text{ milhões de dólares por ano}$$

- Se o custo anual de operação da planta de refino ( $C_R$ ) for menor que US\$ 43 milhões, refinar é mais vantajoso do que apenas minerar.
- Se o custo anual da manufatura ( $C_X$ ) for menor que US\$ 43 milhões, produzir ímãs é mais vantajoso do que apenas refinar.

Esses valores funcionam como limiares econômicos de dominância, provando que o refino e a manufatura são matematicamente superiores à mineração pura.

#### 4.6 Análise de sensibilidade

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

A seguir, verifica-se como pequenas variações em variáveis-chave afetam o lucro  $\Pi_X$ :

Tabela 4 – Sensibilidade do lucro industrial (parâmetros individuais)

Parâmetro	Variação	$\Pi_X$ (US\$ mi)	Interpretação
$u$ (uplift)	1,8 → 2,2	-6,6 → +29,9	Ímãs aumentam o valor agregado
$p_{Nd}$ (US\$/kg)	70 → 90	-3,1 → +21,1	Forte impacto da demanda de veículos elétricos
$\rho_X$	0,88 → 0,94	+5,8 → +17,6	A eficiência de processo é crucial
$C_X$ (US\$ mi)	30 → 15	-3,3 → +26,7	Financiamento e incentivos reduzem o custo
$B^{-M}$	5 → 7	+9,6 → +13,8	Melhor separação dos óxidos residuais aumenta margem

Fonte: *Elaboração do autor.*

Três variáveis são decisivas:

- o uplift industrial ( $u$ ) — que depende de contratos de longo prazo e da fabricação de ímãs;
- o preço do neodímio ( $p_{Nd}$ ) — altamente sensível à demanda global;
- e a eficiência metalúrgica ( $\rho_X$ ) — dependente de tecnologia importada.

Esses fatores tornam evidente a vantagem de parcerias com os EUA, que oferecem previsibilidade, tecnologia e estabilidade de preços, em contraste com a China, cuja política industrial é volátil e centralizada.

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

#### 4.7 Comparação estratégica: EUA × China × Brasil

Tabela 5 – Comparação estratégica entre os principais atores da cadeia REE–REO (2025)

<b>Critério</b>	<b>China</b>	<b>EUA</b>	<b>Brasil</b>
Controle do refino	90% do mundo	9% e crescendo	<0,1%
Proteção de preços	de Volátil (sem piso)	(sem Piso oficial US\$110/kg NdPr)	de Inexistente
Tecnologia SX/IX	Completa	Em implantação	Ausente
Política industrial	Estatal centralizada	<sup>e</sup> Federal e privada	Fragmentada
Risco político	Médio-baixo	Baixo e previsível	Alto (licenciamento lento)
Transferência tecnológica	Restrita	Aberta (joint ventures)	(joint) Dependente
Acesso a mercado	Amplo (Ásia)	Norte-América/Europa	Limitado
Estratégia ideal para o Brasil	—	Parceria tecnológica	—

*Fonte: Elaboração do autor com base em relatórios USGS, DoD (EUA) e MIIT (China).*

A China é veloz, mas cria dependência: quem refina em território chinês submete-se às regras do Estado.

Os EUA, embora menores em volume, oferecem segurança jurídica, contratos de longo prazo e estabilidade de preço, elementos essenciais para atrair investidores.

Para o Brasil, a equação ideal é “tecnologia americana + mercado asiático”, preservando neutralidade ativa.

Matematicamente, essa escolha maximiza o valor esperado de soberania:

$$E[IGS] = aM + bR + cX - \sigma_p^2(k),$$

em que  $\sigma_p^2$  é a variância de preço.

Nos EUA,  $\sigma_p^2 \approx 0$  (preço estável); na China,  $\sigma_p^2$  é alto (intervenção estatal).

Logo,  $E[IGS_{EUA}] > E[IGS_{CHN}]$ : o ambiente americano gera mais poder líquido de soberania.

#### 4.8 Investimento necessário para soberania mineral

Tabela 6 – Estimativa de investimento (CAPEX) para o Brasil competir globalmente

Etapa	Escala	CAPEX estimado (US\$ mi)	Observação
Planta de refino (SX/IX)	5.000 t/ano	400–600	Equipamentos de extração e solventes
Metalização	2.000 t/ano	100–150	Conversão de óxidos em metais
Fábrica de ímãs NdFeB	2.000 t/ano	300–500	Linha de montagem de ímãs
Energia e licenciamento	—	100–200	Infraestrutura e tratamento radiológico
Total estimado	—	1.000–1.500	Complexo completo nacional

*Fonte: Elaboração do autor com base em plantas da Lynas (Austrália) e MP Materials (EUA).*

Com US\$ 1 bilhão, o Brasil poderia instalar um complexo integrado de Terras Raras, capaz de gerar US\$ 700 milhões/ano em receita líquida e dezenas de milhares de empregos qualificados.

O projeto colocaria o país no mesmo patamar da Austrália, tornando-se parceiro estratégico dos EUA e fornecedor preferencial para a Europa.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo demonstrou, de forma quantitativa e conceitualmente integrada, que o poder soberano mineral não se define pelo volume de reservas, mas pela capacidade tecnológica de refino e manufatura.

As equações comprovam que a variação de soberania obtida com o refino ( $\partial IGS/\partial R$ ) é seis vezes superior àquela derivada da simples mineração ( $\partial IGS/\partial M$ ).

Da mesma forma, o Índice de Poder Mineral (MPS) mostrou que, ao elevar o refino nacional de 0,1% para 10%, o Brasil multiplica sua influência estratégica em mais de 12 vezes, sem abrir novas minas — apenas internalizando conhecimento e tecnologia.

No campo econômico, o cálculo de limiar de custos ( $C_R^{\max}$  e  $C_X^{\max}$ ) provou que o refino e a manufatura de ímãs NdFeB tornam-se dominantes quando o custo operacional anual se mantém abaixo de US\$ 43 milhões.

Esse valor está perfeitamente dentro das margens de viabilidade industrial observadas em países como Austrália e Estados Unidos, demonstrando que a entrada brasileira na cadeia global é financeiramente possível e estrategicamente necessária.

## **6. MARCO PROJETIVO**

### **6.1 As lições do modelo matemático**

A partir das equações (D1) e (D2) e da otimização da variável  $\lambda$ , conclui-se:

1. Refinar é matematicamente melhor que minerar, pois aumenta a utilidade econômica (U) e o poder soberano (IGS);
2. Produzir ímãs é melhor que refinar, pois o valor agregado (u) e o retorno marginal sobre a soberania ( $\partial\text{IGS}/\partial X$ ) são ainda maiores;
3. A soberania não é função linear do minério, mas exponencial da tecnologia.

Essas três verdades formam o núcleo do “Teorema da Dominância do Refino”, que serve de base à Política Nacional de Minerais Críticos e à agenda de reindustrialização verde e tecnológica brasileira.

## **6.2 Comparação geopolítica: Estados Unidos x China**

A disputa pelas Terras Raras é, antes de tudo, uma guerra de sistemas.

A China controla 90% do refino mundial porque apostou, desde 1990, em subsídios estatais, escala produtiva e controle centralizado das exportações.

O modelo chinês é eficiente, porém rígido: há pouca transparência, restrição de patentes e forte dependência política.

Já os Estados Unidos optaram por um modelo descentralizado e de mercado, no qual o Estado atua como garantidor estratégico — oferecendo piso de preço (floor price), oferta pública de compra (offtake agreements) e segurança jurídica para investidores.

## **6.3 Vantagens de alinhar-se com os EUA**

- Previsibilidade regulatória: contratos longos e transparência em custos e royalties.
- Proteção de preços: o Departamento de Defesa (DoD) garante piso de US\$ 110/kg para NdPr, assegurando rentabilidade mínima.
- Transferência tecnológica real: joint ventures abertas e universidades em cooperação (ex.: MP Materials + Texas Tech).
- Compatibilidade institucional: marcos legais, ambientais e contábeis semelhantes aos do Brasil.

Risco: maior pressão política sobre alinhamento geopolítico (OTAN, Taiwan etc.), o que exige diplomacia equilibrada.

#### **6.4 Vantagens de alinhar-se com a China**

- Alta velocidade de implementação: construção de plantas em 12–18 meses.
- Escala industrial e mercado consumidor massivo: absorve quase toda a produção mundial.
- Financiamento facilitado: linhas de crédito estatais e joint ventures industriais sem exigência de garantias privadas.

Riscos:

- Dependência tecnológica e jurídica: propriedade intelectual restrita e risco de embargo.

- Volatilidade comercial: exportações sujeitas a decisões políticas do Partido Comunista.
- Ausência de padrão ambiental e social comparável ao brasileiro.

### 6.5 O caminho racional para o Brasil: neutralidade ativa

Com base nos resultados matemáticos e nas análises geopolíticas, deduz-se que o melhor caminho para o Brasil é uma neutralidade ativa, combinando os pontos fortes de cada potência:

Dimensão	Parceria ideal	Estratégia recomendada
Tecnologia e know-how	Estados Unidos / Europa	Transferência industrial e desenvolvimento de patentes conjuntas.
Mercado comprador	China / Ásia	Venda de produtos refinados e ímãs a preço competitivo.
Financiamento e escala	China + BRICS	Empréstimos produtivos para CAPEX inicial.
Segurança jurídica e ESG	EUA / UE	Padrões ambientais e de compliance reconhecidos.

Matematicamente, essa combinação maximiza o valor esperado da soberania:

$$E[IGS] = aM + bR + cX - \sigma_p^2(k)$$

onde  $\sigma_p^2$  representa o risco de volatilidade política e comercial. Como os EUA reduzem  $\sigma_p^2$  e a China amplia o mercado X, a estratégia ótima é híbrida — *aprender com um, vender para o outro*.

### 6.6 Síntese final

O Brasil, ao dominar o refino e a metalização, transforma reservas geológicas em ativos geoestratégicos.

Ao firmar contratos de tecnologia com os Estados Unidos e acordos de exportação com a China, cria-se uma geometria de poder baseada na autonomia produtiva e na neutralidade ativa, evitando submissão a qualquer bloco.

O modelo matemático desenvolvido — articulando as teorias de Nash, Kahneman e Reis — demonstra que o equilíbrio de poder global nas Terras Raras é triplo:

1. Racional na estratégia (Nash);
2. Emocional nas decisões (Kahneman);
3. Estrutural na soberania (Reis).

Quando o Brasil atinge a autossuficiência no refino, o país deixa de ser apenas um fornecedor de minérios e passa a ser um formador de poder — com voz própria, capacidade tecnológica e peso político internacional.

O modelo e os números provam que o Brasil deve estruturar sua política de Terras Raras com neutralidade ativa:

- Negócios de venda e escala com a China, que é o maior mercado do mundo;
- Contratos de tecnologia, patentes e financiamento com os Estados Unidos e Europa, que garantem estabilidade e aprendizado industrial.

Esse é o equilíbrio matemático e geopolítico da soberania brasileira no século XXI — o ponto ótimo entre dependência e autonomia, entre comércio e poder.

## **REFERÊNCIAS**

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

BRASIL. *Plano Nacional de Mineração 2050*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global Critical Minerals Review 2024*. Paris: IEA, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). *Relatório Setorial de Minerais Críticos*. Brasília: IBRAM, 2025.

KAHNEMAN, Daniel; TVERSKY, Amos. *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*. *Econometrica*, v. 47, n. 2, p. 263-291, 1979.

NASH, John F. *Non-Cooperative Games*. *Annals of Mathematics*, v. 54, n. 2, p. 286-295, 1951.

REIS, Nélio Fernando dos. *Índice Global de Soberania (IGS)*. São Paulo: CEEDEX – Centro de Estudos Estratégicos da Iniciativa DEX, 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Mineral Commodity Summaries 2025 – Rare Earths*. Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior, 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). *Defense Production Act: Rare Earth Elements Strategy*. Washington, D.C., 2024.

ZHANG, Wei; LI, Guoliang. *China's Rare Earth Industry and Policy Outlook 2025*. Beijing: MIIT, 2025.

# **HARMONIA PRODUTIVA E SOBERANIA INDUSTRIAL: A PROPORÇÃO ÁUREA NA EFICIÊNCIA DO REFINO E PROCESSAMENTO SUSTENTÁVEL**

## **PRODUCTIVE HARMONY AND INDUSTRIAL SOVEREIGNTY: THE GOLDEN RATIO IN EFFICIENCY AND SUSTAINABLE PROCESSING**

*Nivaldo Luis da Silva; Matheus Parolin Cardoso; Kleber Jose da Silva*  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

**Resumo:** Este projeto propõe o Índice Áureo de Soberania Industrial – Produtivo (IASI-P) como ferramenta analítica para medir o equilíbrio entre lucro líquido, investimento produtivo (CAPEX) e diversidade operacional (DEI) em empresas de refino e processamento industrial. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), o modelo busca representar matematicamente o ponto de harmonia entre eficiência, reinvestimento e inovação tecnológica. Foram analisadas quatro corporações com dados públicos de 2023: Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Norsk Hydro ASA, BASF SE e Yara International ASA. Os resultados revelam que empresas cujo IASI-P se aproxima de  $\varphi$  demonstram maior maturidade científica e soberania tecnológica, traduzindo eficiência sustentável e racionalidade industrial.

Palavras-chave: Eficiência; Produção; Fibonacci; Soberania Industrial

**Abstract:** *This paper proposes the Industrial Sovereign Golden Index – Productive (IASI-P) as an analytical tool to measure the balance between net profit, productive investment (CAPEX), and operational diversity (DEI) in refining and industrial processing companies. Based on Fibonacci's Golden Ratio ( $\varphi = 1.618$ ), the model mathematically represents harmony between efficiency, reinvestment, and technological innovation. Public 2023 data from*

*four corporations — Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Norsk Hydro ASA, BASF SE, and Yara International ASA — were analyzed. The results show that companies whose IASI-P values approach  $\phi$  exhibit greater scientific maturity and technological sovereignty, reflecting sustainable efficiency and industrial rationality.*

*Keywords: Efficiency; Production; Fibonacci; Industrial Sovereignty*

## **1. INTRODUÇÃO**

A soberania científico-tecnológica constitui o eixo central das nações que almejam autonomia industrial. Mais do que dispor de recursos naturais, trata-se de dominar o conhecimento aplicado à transformação — o poder de converter matéria-prima em tecnologia e valor agregado.

Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\phi = 1,618$ ), símbolo matemático da harmonia natural e produtiva, este artigo propõe aplicar o Índice Áureo de Soberania Industrial – Produtivo (IASI-P) para mensurar a racionalidade técnica de empresas que equilibram lucro, reinvestimento produtivo e diversidade organizacional.

A hipótese é que organizações cujo IASI-P se aproxima de  $\phi$  expressam maior estabilidade tecnológica e eficiência científica, pilares da soberania industrial moderna.

Optou-se por analisar o setor de refino e processamento industrial, que representa a etapa intermediária da cadeia produtiva entre a extração mineral e a manufatura final. É neste ponto que o conhecimento técnico e a inovação de processos geram valor agregado, reduzindo a dependência tecnológica e consolidando a autonomia nacional. No caso brasileiro, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) simboliza esse papel soberano ao integrar energia limpa, metalurgia e reciclagem avançada, aproximando o país do paradigma de uma indústria científica, onde eficiência e conhecimento tornam-se os novos recursos estratégicos.

O artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A Seção 2 revisa o embasamento teórico sobre harmonia produtiva e soberania tecnológica. A Seção 3 descreve a metodologia e a formulação do IASI-P. A Seção 4 apresenta os resultados comparativos das quatro empresas. Por fim, a Seção 5 reúne as considerações finais.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

O conceito de soberania ampliou-se para incluir dimensões econômicas, produtivas e tecnológicas.

Segundo Amartya Sen (1999), Prêmio Nobel de Economia, o verdadeiro desenvolvimento ocorre quando as instituições ampliam liberdades substantivas, como acesso, inovação e autonomia — condições essenciais para a soberania científica e industrial.

De modo complementar, Mario Livio (2002) descreve a Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ) como a razão de equilíbrio presente em sistemas naturais e humanos.

Aplicada à economia e à engenharia de produção, essa proporção simboliza a busca pela relação ideal entre investimento e resultado, traduzindo-se em um paradigma de desenvolvimento harmônico e sustentável.

Slack et al. (2024) reforçam que a produtividade moderna exige proporcionalidade entre insumos, processos e resultados, o que corresponde, em termos matemáticos, ao princípio da razão áurea.

Para os autores, a eficiência industrial é obtida quando o reinvestimento produtivo (CAPEX) está em equilíbrio com a capacidade de geração de valor, garantindo estabilidade tecnológica de longo prazo.

A Harvard Business Review (2024) complementa que organizações que combinam diversidade técnica e governança inovadora

apresentam maior adaptabilidade e resiliência operacional, uma vez que equipes heterogêneas ampliam a capacidade de resolver problemas complexos — fator crítico nas cadeias de refino e processamento.

Relatórios da PwC (2023) e do Global Reporting Initiative (2024) destacam que o investimento produtivo é uma dimensão interna e estratégica da sustentabilidade industrial, representando recursos aplicados à eficiência, inovação e segurança operacional.

Já o DEI é uma variável organizacional qualitativa, ligada à diversidade de pensamento e gestão, e, portanto, à capacidade de inovação.

- Assim, embora ambos componham o pilar “S” do ESG, investimento produtivo e DEI não medem o mesmo fenômeno:
- O investimento produtivo é quantitativo e estrutural, voltado à eficiência e à infraestrutura.

Somados, conforme analisa a Deloitte (2024), traduzem a autonomia tecnológica e moral de uma corporação — o quanto ela é capaz de crescer, inovar e competir sem depender de transferência externa de conhecimento.

Esse conjunto de autores e relatórios fundamenta a criação do Índice Áureo de Soberania Industrial – Produtivo (IASI-P), que busca expressar matematicamente a harmonia entre lucro, reinvestimento e diversidade organizacional — variáveis que definem a soberania científica e tecnológica do século XXI.

As quatro empresas analisadas representam distintos modelos de soberania industrial:

- CBA (Brasil): integração entre energia, refino e reciclagem de alumínio.

- Norsk Hydro (Noruega): verticalização produtiva e eficiência energética.
- BASF (Alemanha): inovação química e racionalidade científica.
- Yara (Noruega): produção sustentável e transição tecnológica do hidrogênio verde.

### 3. METODOLOGIA

O estudo é de natureza documental, comparativa e quantitativa, com base em dados públicos dos relatórios ESG e financeiros de 2023 das empresas analisadas.

A proposta metodológica adapta o modelo IASI-P (Índice Áureo de Soberania Industrial – Produtivo) como ferramenta para avaliar o equilíbrio entre resultado econômico, reinvestimento tecnológico e diversidade operacional.

A fórmula é definida como:

$$IASI - P = \frac{Lucro\ Líquido}{CAPEX \times P\&D \times \left(\frac{DEI}{100}\right)}$$

onde:

- Lucro Líquido (LL): resultado consolidado do exercício (bilhões de R\$ ou US\$);
- CAPEX: investimento produtivo em ativos fixos, eficiência energética e modernização industrial;
- P&D: dispêndio anual em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (quando disponível);

- DEI (%): representatividade de diversidade operacional e de liderança.

Interpretação:

- IASI-P  $\approx \varphi$  (1,618): harmonia produtiva — equilíbrio entre resultado financeiro, reinvestimento e maturidade tecnológica.
- IASI-P  $> \varphi$ : estrutura voltada ao lucro de curto prazo — eficiência sem inovação sustentável.
- IASI-P  $< \varphi$ : estrutura intensiva em investimento e P&D — maturação tecnológica em curso.

A aplicação da razão áurea ( $\varphi$ ) permite observar pontos de inflexão produtiva — o momento em que o ganho marginal de eficiência (retorno econômico) iguala o custo marginal de inovação (reinvestimento técnico).

Essa abordagem, inspirada em Fibonacci, transforma  $\varphi$  em régua de racionalidade científica: quanto mais próxima do equilíbrio áureo, mais autônoma e soberana é a estrutura produtiva analisada.

Além disso, o método é compatível com a análise de dados públicos padronizados, o que garante reprodutibilidade e transparência, atendendo à finalidade didática e científica do projeto.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Antes da análise numérica, é importante salientar que a aplicação do IASI-P não busca classificar empresas em melhor ou pior desempenho, mas interpretar proporções de equilíbrio técnico entre resultado econômico, reinvestimento produtivo e maturidade tecnológica, tomando como referência a proporção áurea ( $\varphi = 1,618$ ).

A partir de dados públicos de 2023, foram levantados indicadores financeiros e de sustentabilidade das quatro empresas analisadas — CBA (Brasil), Norsk Hydro (Noruega), BASF SE (Alemanha) e Yara International (Noruega) — representando diferentes estágios de soberania industrial e tecnológica.

Tabela 1 — Cálculo do Índice Áureo de Soberania Industrial – Produtivo (IASI-P)

Empres a	Lucro Líquid o (bi)	CAPE X (bi)	P& D (bi)	DE I (%)	IASI-P = LL ÷ [(CAPEX + P&D) × o IASI-P (DEI/100) ]	Resultad o IASI-P	Diferenç a de φ	Interpreaçã o
<b>CBA (BR)</b>	R\$ 1,15	R\$ 1,9	R\$ 0,09	28	1,15 ÷ [(1,9 + 0,09) × 0,28]	≈ 2,10	+0,48	Eficiência moderada; reinvestimento em crescimento
<b>Hydro (NO)</b>	US\$ 2,3	US\$ 2,0	US\$ 0,25	32	2,3 ÷ [(2,0 + 0,25) × 0,32]	≈ 3,56	+1,94	Alta eficiência; inovação moderada
<b>BASF (DE)</b>	€ 2,2	€ 4,0	€ 2,1	38	2,2 ÷ [(4,0 + 2,1) × 0,38]	≈ 0,94	-0,68	Estrutura intensiva em P&D; pró-investimento
<b>Yara (NO)</b>	US\$ 0,9	US\$ 1,6	US\$ 0,14	36	0,9 ÷ [(1,6 + 0,14) × 0,36]	≈ 1,45	-0,17	Equilíbrio próximo ao ponto áureo

Fonte: elaborado pelos autores com base nos Relatórios Financeiros e ESG 2023 de CBA, Norsk Hydro, BASF e Yara International. Disponível em: <https://ri.cba.com.br>, <https://www.hydro.com/investors/reports>, <https://report.basf.com>, <https://www.yara.com/investor-relations/reports>.

Os resultados do IASI-P revelam padrões distintos de maturidade produtiva e tecnológica entre as empresas analisadas.

- CBA (Brasil) apresenta um IASI-P  $\approx 2,10$ , ligeiramente acima de  $\varphi$ , indicando estrutura eficiente, mas ainda centrada em retorno financeiro. O aumento recente do CAPEX em reciclagem e energia renovável sinaliza um movimento rumo ao equilíbrio áureo.
- Norsk Hydro apresenta IASI-P  $\approx 3,56$ , bem acima de  $\varphi$ , reflexo de alta produtividade operacional e foco em curto prazo, com parte do lucro ainda não reinvestido proporcionalmente em inovação. É o exemplo de eficiência sem simetria tecnológica.
- BASF SE, com IASI-P  $\approx 0,94$ , situa-se abaixo de  $\varphi$ , o que caracteriza estrutura intensiva em P&D. O desequilíbrio “pró-investimento” revela transição para nova base tecnológica, coerente com sua liderança em química verde e captura de carbono.
- Yara International, com IASI-P  $\approx 1,45$ , é a empresa mais próxima da proporção áurea, demonstrando sinergia entre resultado, reinvestimento e diversidade, o que indica modelo produtivo sustentável e soberano.

Tabela 2 — Comparativo geral de equilíbrio produtivo ( $\Delta$  em relação a  $\varphi$ )

<b>Empresa</b>	<b>IASI-P</b>	<b><math>\Delta \varphi</math> (<math>\pm</math>)</b>	<b>Tendência Estrutural</b>
CBA (BR)	<b>2,10</b>	+0,48	Equilíbrio moderado, eficiência em expansão
Hydro (NO)	<b>3,56</b>	+1,94	Viés pró-lucro e produtividade energética
BASF (DE)	<b>0,94</b>	-0,68	Intensiva em P&D e inovação científica
Yara (NO)	<b>1,45</b>	-0,17	Equilíbrio tecnológico e organizacional

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise conjunta indica que empresas de refino e processamento exibem dinâmicas de soberania distintas conforme a gestão do investimento em inovação:

- Empresas acima de  $\varphi$  (CBA, Hydro) mostram robustez financeira, porém menor intensidade tecnológica — a harmonia depende de elevar o P&D em proporção ao lucro.
- Empresas abaixo de  $\varphi$  (BASF, Yara) priorizam ciência e inovação, demonstrando autonomia técnica e sustentabilidade.
- A Yara é o caso mais harmônico, aproximando-se de  $\varphi$  com sinergia entre diversidade, produtividade e inovação energética.

Esses resultados confirmam a hipótese de que a proporção áurea representa o ponto ótimo de eficiência soberana, onde crescimento financeiro e maturidade tecnológica se equilibram.

Em termos de política industrial, aproximar-se de  $\phi$  significa construir uma estrutura produtiva estável, inovadora e autossustentável — fundamentos da soberania científico-tecnológica defendida por este estudo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Enfim, este projeto propôs o Índice Áureo de Soberania Industrial–Produtivo uma abordagem extensiva capaz de mensurar a harmonia entre três pilares fundamentais para o desenvolvimento industrial soberano: eficiência produtiva, reinvestimento estratégico e capacidade de inovação tecnológica, onde utilizou a razão áurea de Fibonacci ( $\phi = 1,618$ ) como parâmetro matemático de equilíbrio, o modelo propõe que a aproximação a esse valor represente o ponto ótimo entre crescimento econômico e maturidade científica-tecnológica.

A aplicação do IASI-P em quatro grandes corporações do setor industrial, sendo elas, CBA, Norsk Hydro ASA, BASF SE e Yara International ASA e revelou diferentes graus de alinhamento com a proposta do modelo.

Sendo assim, os resultados obtidos não apenas validam a hipótese central do estudo de que a razão áurea pode representar um parâmetro ideal de equilíbrio produtivo e tecnológico, como também reforçam a importância de políticas corporativas que integrem de forma estratégica os objetivos econômicos e científicos. À medida que as organizações se aproximam de  $\phi$  em seus indicadores internos, elas não apenas aumentam sua eficiência produtiva, como também caminham em direção à autossuficiência tecnológica e à independência científica.

## REFERÊNCIAS

AMARTYA, Sen. *Development as Freedom*. New York: Alfred A. Knopf, 1999.

BASF SE. *Integrated Report 2023*. Ludwigshafen: BASF, 2024. Disponível em: <https://report.basf.com/2023/en/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

CBA – COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. *Relatório Anual e de Sustentabilidade 2023*. São Paulo: CBA, 2024. Disponível em: <https://ri.cba.com.br/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

DELOITTE. *Diversity, Equity and Inclusion Transparency Report 2024*. Nova Iorque: Deloitte Insights, 2024. Disponível em: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/10213\\_deloitte-dei-report-2024/DI\\_Diversity-Equity-and-Inclusion-Transparency-Report-2024.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/10213_deloitte-dei-report-2024/DI_Diversity-Equity-and-Inclusion-Transparency-Report-2024.pdf). Acesso em: 6 sep. 2025.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). *GRI Standards 2024: Social and Economic Disclosure Update*. Amsterdam: GRI Secretariat, 2024. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/standards/>. Acesso em: 7 set. 2025.

HARVARD BUSINESS REVIEW. *The Future of DEI and Organizational Innovation*. Cambridge: Harvard Business Publishing, 2024. Disponível em: <https://hbr.org>. Acesso em: 15 abr. 2025.

HYDRO ASA. *Annual Report 2023*. Oslo: Norsk Hydro, 2024. Disponível em: <https://www.hydro.com/en/investors/reports-and-presentations/annual-reports/>. Acesso em: 3 set. 2025.

LIVIO, Mario. *A razão áurea: o número mais assombroso do mundo*. Rio de Janeiro: Record, 2002.

PWC. *Global ESG Report 2023*. Londres: PwC Global, 2023. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/esg-report.html>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

YARA INTERNATIONAL. *Integrated Report 2023*. Oslo: Yara International ASA, 2024. Disponível em: <https://www.yara.com/investor-relations/reports/>. Acesso em: 4 out. 2025.

# **FIBONACCI, DEI E SOBERANIA NACIONAL: UM MODELO HARMÔNICO DE EQUILÍBRIO PRODUTIVO**

## **FIBONACCI, DEI AND NATIONAL SOVEREIGNTY: A HARMONIC MODEL OF PRODUCTIVE BALANCE**

*Alaine Caroline Cruz Freire; Bruna Vitória Pereira Barbosa; Geovani Ramos Brito*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

**Resumo:** Este projeto analisa a aplicação da Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ) como ferramenta didática para medir o equilíbrio entre resultado econômico e responsabilidade social, considerando DEI (Diversidade, Equidade e Inclusão) como componente estratégico da soberania nacional. O estudo utiliza dados públicos de relatórios ESG de quatro mineradoras: Vale S.A. (Brasil), Anglo American (Reino Unido), Rio Tinto (Austrália) e SQM – Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (Chile). Propõe-se o Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI), que relaciona lucro líquido e investimento social ajustado pela diversidade, avaliando o grau de harmonia entre eficiência produtiva e retorno social.

Palavras-chave: Soberania nacional; DEI; Fibonacci; ESG

**Abstract:** *This project applies the Fibonacci Golden Ratio ( $\varphi = 1.618$ ) as a didactic tool to measure the balance between economic performance and social responsibility, integrating DEI (Diversity, Equity, and Inclusion) as a strategic component of national sovereignty. The study uses public ESG data from four mining companies: Vale S.A. (Brazil), Anglo American (United Kingdom), Rio Tinto (Australia), and SQM – Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (Chile). The proposed Inclusive Sovereign Golden Index (IASI) relates net income and DEI-adjusted social investment, assessing harmony between productive efficiency and social return.*

Keywords: National Sovereignty; DEI; Fibonacci; ESG

## 1. INTRODUÇÃO

A soberania nacional, na era das cadeias globais de valor, depende da capacidade de equilibrar produção e inclusão. No setor mineral, essa proporção é crucial: o país que transforma recursos naturais em justiça social preserva sua autonomia e reduz dependências externas.

Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ) — símbolo matemático de harmonia e crescimento sustentável —, este artigo propõe um modelo de mensuração da soberania produtiva inclusiva.

A hipótese central é que empresas cuja proporção entre lucro líquido e investimento social ajustado por diversidade se aproxima de  $\varphi$  apresentam maior estabilidade institucional e legitimidade social, refletindo soberania econômica harmônica.

Optou-se por analisar o setor mineral por sua centralidade na soberania nacional — trata-se de uma cadeia estratégica que conecta recursos naturais, energia, indústria e defesa, sendo, portanto, o campo ideal para observar o equilíbrio entre produtividade, responsabilidade social e poder econômico.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta a revisão da literatura, discutindo os fundamentos teóricos de Fibonacci, DEI e soberania nacional. A Seção 3 descreve a metodologia e o modelo matemático proposto, denominado Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI). A Seção 4 expõe os resultados e discussões, com a aplicação prática do modelo às mineradoras analisadas. Por fim, a Seção 5 reúne as considerações finais, sintetizando as contribuições do estudo para o entendimento da administração contemporânea orientada pela soberania nacional.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O conceito de soberania evoluiu para incluir dimensões econômicas, sociais e morais. Segundo Amartya Sen (1999), Prêmio Nobel de Economia, o verdadeiro desenvolvimento ocorre quando as

instituições ampliam liberdades substantivas, como acesso, educação e equidade — condições essenciais para a soberania humana e institucional.

De modo complementar, Mario Livio (2002) descreve a Lei Áurea de Fibonacci ( $\phi = 1,618$ ) como a razão de equilíbrio presente em sistemas naturais e humanos. Aplicada à economia, essa razão simboliza a busca pela proporção ideal entre crescimento e estabilidade, traduzindo-se em um paradigma de desenvolvimento sustentável e harmônico.

Slack *et al.* (2024) reforçam que a produtividade moderna requer proporcionalidade entre insumos, processos e resultados, fundamento da eficiência sistêmica nas organizações. Esse equilíbrio entre eficiência e legitimidade reflete o mesmo princípio da razão áurea.

A Harvard Business Review (2024) aponta que empresas com políticas sólidas de Diversidade, Equidade e Inclusão (DEI) apresentam maior inovação, reputação e resiliência institucional, pois a diversidade reduz riscos reputacionais e amplia perspectivas estratégicas. O DEI, portanto, é uma dimensão interna do pilar social do ESG, relacionada à cultura organizacional e à equidade de oportunidades.

Em contraste, relatórios internacionais da PwC (2023) e do Global Reporting Initiative (2024) mostram que o investimento social é uma dimensão externa e financeira, representando recursos aplicados em projetos voltados às comunidades, educação, meio ambiente e infraestrutura.

Apesar de integrarem o pilar “S” do ESG, investimento social e DEI não medem o mesmo fenômeno.

- O investimento social representa o aporte financeiro externo da empresa, voltado à sociedade e ao entorno comunitário.

- O DEI reflete a estrutura interna de equidade, avaliando representatividade, gênero, etnia e oportunidades de ascensão.

O primeiro é quantitativo e externo; o segundo, qualitativo e interno.

Somados, conforme analisa a Deloitte (2024), traduzem a autonomia moral e econômica de uma corporação — o quanto ela é capaz de crescer sem excluir e de converter competitividade em coesão social.

Esse conjunto de autores e relatórios fundamenta a criação do Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI), que busca expressar matematicamente a harmonia entre lucro, redistribuição social e inclusão interna — elementos que definem a soberania produtiva do século XXI.

As quatro mineradoras analisadas simbolizam diferentes modelos de soberania corporativa:

- Vale S.A. (Brasil): líder em minério de ferro e níquel, com lucro líquido de R\$ 82,4 bi e DEI de 31%.
- Anglo American (Reino Unido): forte em cobre, diamantes e platina, com DEI de 39%.
- Rio Tinto (Austrália): referência em alumínio e ferro, com DEI de 43%.
- SQM – Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (Chile): líder global em lítio, iodo e nitratos, com DEI de 47% em cargos de gestão.

Essas diferenças de perfil e nacionalidade reforçam o caráter comparativo internacional do modelo proposto.

### 3. METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa documental e quantitativa, com dados públicos de relatórios ESG 2023 das quatro mineradoras.

O cálculo segue o modelo do Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI):

$$IASI = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Investimento Social} \times \left(\frac{DEI}{100}\right)}$$

- Lucro Líquido (LL): resultado econômico total reportado.
- Investimento Social (IS): valores aplicados em programas sociais e ambientais.
- DEI (%): percentual de diversidade nas equipes, conforme relatórios ESG.

Interpretação:

- $IASI \approx \varphi \rightarrow$  equilíbrio harmônico;
- $IASI > \varphi \rightarrow$  desequilíbrio pró-lucro;
- $IASI < \varphi \rightarrow$  desequilíbrio pró-social.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da análise numérica, destaca-se que a aplicação do modelo não visa julgar empresas, mas interpretar proporções de equilíbrio entre lucro e legitimidade social — tal como Fibonacci descreveu harmonia na natureza.

Tabela 1 — Cálculo do Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI) aplicado ao estudo de caso

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Indicador	Valor (2023)	Fonte
Lucro Líquido	R\$ 82,4 bilhões	Vale S.A., ESG Databook 2023
Investimento Social	R\$ 51,2 bilhões	Vale S.A., ESG Databook 2023
Diversidade (DEI)	31%	Vale S.A., ESG Databook 2023
<b>IASI = 82,4 ÷ (51,2 × 0,31) ≈ 5,19</b>		<b>Cálculo dos autores</b>

Fonte: elaborado pelo autores com base em dados públicos de Vale S.A., ESG Databook 2023. Disponível em: <https://vale.com/pt/esg/biblioteca-de-documento>

O resultado IASI = 5,19, muito acima de  $\phi$  (1,618), revela eficiência econômica alta, mas retorno social proporcionalmente baixo.

A Vale precisaria aumentar gradualmente os investimentos sociais e a representatividade interna para aproximar-se do equilíbrio harmônico de Fibonacci.

Tabela 2 — Comparativo internacional de equilíbrio produtivo (IASI e diferença de  $\phi$ )

Empresa	Lucro Líquido (bi)	Invest. Social (bi)	DEI (%)	IASI	Diferença de $\phi$	Interpretação
Vale (BR)	82,4	51,2	31	<b>5,19</b>	+3,57	Desequilíbrio pró-lucro
Anglo American (UK)	8,3	5,5	39	<b>3,89</b>	+2,27	Desequilíbrio moderado

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

<b>Empresa</b>	<b>Lucro Líquido (bi)</b>	<b>Invest. Social (bi)</b>	<b>DEI (%)</b>	<b>IASI</b>	<b>Diferença de <math>\phi</math></b>	<b>Interpretação</b>
Rio Tinto (AU)	12,4	9,7	43	<b>2,98</b>	+1,36	Parcialmente harmônico
SQM (CL)	4,6	3,2	47	<b>3,06</b>	+1,44	Moderadamente equilibrado

Fonte: elaborado pelos autores com base em relatórios ESG 2023 das respectivas empresas.

Os resultados mostram que todas as mineradoras se situam acima de  $\phi$ , indicando predominância do lucro sobre o retorno social.

Contudo, Rio Tinto e SQM se aproximam mais da proporção harmônica, sugerindo melhor integração entre eficiência e inclusão.

O modelo de Fibonacci evidencia que o equilíbrio produtivo é uma medida de maturidade soberana: quanto mais próxima de  $\phi$  a empresa está, mais legitimidade social e estabilidade institucional ela possui.

Em síntese, a aplicação do *Índice Áureo de Soberania Inclusiva (IASI)* revela que a harmonia produtiva proposta por Fibonacci pode servir como ferramenta conceitual para avaliar a maturidade soberana das corporações. Quando o lucro cresce em proporção justa aos investimentos sociais e às práticas de DEI, o sistema empresarial aproxima-se de  $\phi$ , alcançando o ponto de equilíbrio entre eficiência econômica e legitimidade social. Nesse sentido, o modelo sugere que a soberania produtiva não depende apenas do volume de riqueza gerada, mas da qualidade ética de sua distribuição e da inclusão humana que sustenta a economia.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve como foco analisar o equilíbrio da responsabilidade social de cinco organizações mediante a

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

aplicação da Lei Áurea de Fibonacci  $\phi$  (1,618). Essa metodologia de Fibonacci e IASI (Índice Áureo de Soberania Inclusiva) serve como estratégia para as empresas avaliarem suas práticas e políticas em DEI, buscando o alinhamento de seus objetivos econômicos com valores sociais e morais.

Por meio dos resultados encontrados, foi possível compreender que, nenhuma delas foi possível chegar ao valor de  $\phi$ , mas se faz pertinente respaldar que a empresa Rio Tinto (AU) foi a que mais se aproximou desse número com o valor de IASI de 2,98 tendo assim uma diferença apenas de 1,36 para mais do valor de  $\phi$ . Por outro lado, é notório a desproporção de valores da empresa Vale (BR), onde seu IASI é de 5,9 tendo uma diferença grande sobre o valor de  $\phi$ . Dado este que nos chama a atenção tendo em vista os acontecimentos que ocorreram em nosso país (BR).

No mais, foi possível observar que, mediante os dados expostos, as empresas ainda têm muito o que evoluir no que se refere a questão social, uma vez que, nenhuma delas chegaram próxima ao número de  $\phi$ . Diante disto, sugere que novos estudos sejam feitos para melhor depreendimento desta abordagem. Por fim, espera-se que este estudo traga uma nova visão para organizações referente a questão social, de modo que possam melhorar a sua contribuição para com a sociedade. Sendo assim, este trabalho teve com limitações ter sido realizado mediante um estudo de caso, necessitando assim, que novos estudos e/ou pesquisas sejam feitas para uma análise mais aprofundada do conteúdo.

## **REFERÊNCIAS**

ANGLO AMERICAN. *Sustainability Report 2024*. Londres: Anglo American, 2024. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-Group-v9/PLC/investors/annual-reporting/2025/sustainability-report-plc-2024.pdf>. Acesso em: 2 set. 2025.

DELOITTE. *Diversity, Equity and Inclusion Transparency Report 2024*. Nova Iorque: Deloitte Insights, 2024. Disponível em: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/10213\\_deloitte-dei-report-2024/DI-Diversity-Equity-and-Inclusion-Transparency-Report-2024.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/10213_deloitte-dei-report-2024/DI-Diversity-Equity-and-Inclusion-Transparency-Report-2024.pdf). Acesso em: 14 set. 2025.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). *GRI Standards 2024: Social Disclosure Update*. Amsterdam: GRI Secretariat, 2024. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/standards>. Acesso em: 4 out. 2025.

HARVARD BUSINESS REVIEW. *Continuing the Work of DEI*. Cambridge: Harvard Business Publishing, 2024. Disponível em: <https://hbr.org>. Acesso em: 30 set. 2025.

LIVIO, Mario. *A razão áurea: o número mais assombroso do mundo*. Rio de Janeiro: Record, 2002.

PWC. *Global ESG Report 2023*. Londres: PwC Global, 2023. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/esg-report.html>. Acesso em: 4 out. 2025.

RIO TINTO. *Sustainability Report 2023*. Londres: Rio Tinto, 2024. Disponível em: <https://www.riotinto.com/en/invest/reports/sustainability-report>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SEN, Amartya. *Development as Freedom*. New York: Alfred A. Knopf, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

SQM – SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A. *ESG Supporting Document 2023*. Santiago: SQM, 2024. Disponível em: <https://www.sqmsenlinea.com/uploads/documentations/285/original.pdf>. Acesso em: 4 out. 2025.

VALE S.A. *ESG Databook 2023*. Rio de Janeiro: Vale, 2024. Disponível em: [https://vale.com/documents/d/quest/esg\\_databook\\_vale\\_2023\\_en](https://vale.com/documents/d/quest/esg_databook_vale_2023_en). Acesso em: 5 ago. 2025.

# **INOVAÇÃO, QUALIDADE E SOBERANIA: A ENERGIA SOCIAL DAS ORGANIZAÇÕES E NAÇÕES**

## **INNOVATION, QUALITY, AND SOVEREIGNTY: THE SOCIAL ENERGY OF ORGANIZATIONS AND NATIONS**

*Alequexandre Galvez de Andrade; Nélio Fernando dos Reis; Fábio  
Roberto Izeppa*

Docentes e Pesquisadores no Instituto Federal de São Paulo

**Resumo:** O presente artigo propõe uma abordagem teórica que relaciona qualidade, tempo, inovação e soberania sob a forma de uma expressão conceitual:  $Q = t + (y^*d + 1)$ , que forma a Energia Social. A fórmula sugere que a qualidade (Q) é função do tempo (t) e da inovação incremental ou disruptiva ( $y^*d + 1$ ), refletindo a natureza cumulativa e acelerada dos processos de aprendizado organizacional e tecnológico. Inspirando-se na metáfora de  $E = mc^2$ , argumenta-se que a inovação contemporânea ocorre em velocidades cada vez maiores, produzindo uma “aceleração sistêmica” da qualidade. A análise baseia-se em autores da economia da inovação, da gestão da qualidade e da teoria da complexidade, oferecendo um modelo interpretativo para compreender o papel do tempo e da inovação como vetores de transformação.

*Palavras-Chave:* Qualidade; Inovação; Energia Social; Soberania.

**Abstract:** This article proposes a theoretical approach that relates quality, time, innovation, and sovereignty through a conceptual expression:  $Q = t + (y^*d + 1)$ , which forms Social Energy. The formula suggests that quality (Q) is a function of time (t) and incremental or disruptive innovation ( $y^*d + 1$ ), reflecting the cumulative and accelerated nature of organizational and technological learning processes. Drawing inspiration from the metaphor of  $E = mc^2$ , it is argued that contemporary innovation occurs at increasingly faster speeds, producing a "systemic acceleration" of quality. The analysis is based on authors from the fields of innovation economics, quality management, and

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

complexity theory, offering an interpretative model to understand the role of time and innovation as vectors of transformation.

*Keywords:* Innovation; Social Energy; Sovereignty.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca pela qualidade sempre esteve associada ao tempo e à capacidade de inovação. Desde os fundamentos da gestão da qualidade total, autores como Deming (1986) e Juran (1995) apontaram que a melhoria contínua depende de ciclos de aprendizado e adaptação. No contexto contemporâneo, marcado por rápidas transformações tecnológicas, a qualidade não pode mais ser compreendida apenas como conformidade ou desempenho estático, mas como um processo dinâmico e cumulativo.

Este artigo propõe uma leitura teórica da expressão  $Q = t + (y^*d + 1)$ , na qual  $t$  representa o tempo e  $y^*d + 1$ , inovação ( $y$ ) e a dimensão da inovação incremental ou disruptiva ( $d$ ). A equação sugere que a qualidade emerge da interação entre experiência temporal e inovação, num processo em que o acréscimo de conhecimento (o “+1”) gera aceleração e transforma qualitativamente os sistemas produtivos e sociais.

A analogia com a fórmula de Einstein,  $E = mc^2$ , é utilizada não como equivalência física, mas como metáfora epistemológica: assim como a energia resulta da conversão de massa em movimento acelerado, a qualidade resulta da transformação do tempo em inovação acelerada. Essa perspectiva encontra suporte em estudos da economia da inovação (Aghion & Howitt, 1992; Romer, 1990), da teoria da complexidade (Prigogine, 1977; West, 2017) e da filosofia da ciência (Kuhn, 1962; Morin, 2015).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Tempo e Melhoria Contínua

Na tradição da gestão da qualidade, o tempo é elemento essencial do aprendizado organizacional. Deming (1986) propôs o ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) como um processo iterativo que incorpora retroalimentação e evolução constante. O tempo, portanto, atua como vetor de maturidade e consolidação do conhecimento. Juran (1995) complementa essa visão ao sugerir que a qualidade é função da adequação ao uso e melhora conforme o acúmulo de experiência e inovação incremental.

A inclusão do termo  $t$  na equação representa esse acúmulo temporal, no qual a prática e a reflexão sobre os processos geram aprendizagem. Ishikawa (1985) também destacou que o controle de qualidade total é tanto um fenômeno técnico quanto humano, dependente da interação contínua entre indivíduos e sistemas.

### 2.2. Inovação e Crescimento Endógeno

Na perspectiva econômica, o termo  $(y^*d + 1)$  reflete o papel da inovação incremental, disruptiva e cumulativa. Aghion e Howitt (1992) mostraram que o crescimento econômico decorre da destruição criativa — um processo em que novas ideias substituem tecnologias antigas, gerando um ciclo endógeno de inovação. De modo semelhante, Romer (1990) defende que o conhecimento é um bem não rival, cujo uso repetido aumenta o estoque de inovação disponível.

Mokyr (2016) acrescenta que a cultura de inovação cria uma trajetória de aceleração, na qual o progresso tecnológico se

torna autossustentável. Assim, o acréscimo “+1” em  $(y^*d + 1)$  pode ser interpretado como a constante expansão do potencial inovador dos sistemas sociais e econômicos.

### **2.3. Aceleração Sistêmica e Complexidade**

A partir da teoria da complexidade, a qualidade e a inovação podem ser vistas como emergências de sistemas abertos e auto-organizados. Prigogine (1977) mostrou que o desequilíbrio gera novas estruturas, enquanto West (2017) e Kurzweil (2005) demonstraram que a inovação tecnológica segue padrões exponenciais de crescimento. Esses autores convergem para a noção de que o avanço científico e técnico possui um comportamento acelerado, reforçando a analogia com a física relativística.

No contexto organizacional, a aceleração da inovação significa que os ciclos de melhoria se tornam mais curtos e intensos. Luhmann (1995) descreveu esse fenômeno como “autopoiese social”, em que os sistemas produzem e reproduzem suas próprias estruturas de comunicação. Assim, a equação  $Q = t + (y^*d + 1)$  pode ser interpretada como uma representação da dinâmica temporal e autopoética da qualidade.

### **2.4. Inovação e Soberania**

Além de impulsionar crescimento e qualidade, a inovação é um vetor central da soberania nacional no século XXI. Diversos autores argumentam que a capacidade de gerar conhecimento e tecnologia própria define o grau de autonomia de uma sociedade frente à dependência externa. Freeman (1987), em seus estudos sobre políticas de inovação, já alertava que as nações que dominam os ciclos tecnológicos tendem a exercer

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

poder econômico e político global. Essa perspectiva foi reforçada por Lundvall (1992), ao desenvolver o conceito de *National Innovation Systems* (Sistemas Nacionais de Inovação), segundo o qual o desenvolvimento tecnológico depende da interação entre Estado, empresas e universidades — um tripé que sustenta a soberania econômica.

Mais recentemente, Mazzucato (2013) destacou o papel do Estado como agente empreendedor e catalisador de inovações estratégicas, argumentando que a política pública de inovação é essencial para garantir independência tecnológica e competitividade internacional. Para a autora, “a soberania tecnológica não se conquista apenas com o mercado, mas com visão pública e investimento de longo prazo”. Essa linha de pensamento converge com as ideias de Rodrik (2022), que defende que países com maior controle sobre suas cadeias de inovação possuem maior capacidade de definir suas políticas econômicas soberanas.

Para Lee, Kim, Si & Lee (2024), a inovação e soberania também passam por colaboração internacional, cooperação, e não apenas competição nacionalista.

Dessa forma, o termo  $(y*d + 1)$ , na equação  $Q = t + (y*d + 1)$ , pode ser interpretado também como indicador de soberania: cada incremento inovador eleva não apenas a qualidade e o desempenho, mas o poder de autodeterminação de um sistema econômico ou organizacional. A inovação deixa de ser apenas um mecanismo produtivo e passa a ser uma forma de energia social e política — uma expressão contemporânea de soberania dinâmica e endógena.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo adota a abordagem de um ensaio teórico, buscando refletir e propor novas interpretações conceituais sobre a relação entre inovação, qualidade e soberania. Segundo Severino (2018), o ensaio teórico caracteriza-se pela argumentação lógica e pela articulação crítica de conceitos, não pela testagem empírica. Trata-se, portanto, de um exercício de pensamento que procura “compreender o objeto de estudo sob um novo prisma interpretativo, sustentado pela coerência interna da argumentação” (p. 123).

Neste trabalho, a construção teórica parte da equação  $Q = t + (y \cdot d + 1)$ , em que  $Q$  representa qualidade,  $t$  o tempo, e  $(y \cdot d + 1)$  o incremento de inovação. A análise é conduzida por meio da revisão de literatura interdisciplinar, envolvendo autores clássicos e contemporâneos que abordam os conceitos de inovação, desenvolvimento e soberania (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Mazzucato, 2013; Rodrik, 2022).

### 4. INTERPRETAÇÃO DA FÓRMULA E ANALOGIA COM $E = mc^2$

A analogia entre  $Q = t + (y \cdot d + 1)$  e  $E = mc^2$  não busca correspondência quantitativa, mas expressa uma equivalência simbólica. Na equação de Einstein, a energia ( $E$ ) é produto da massa ( $m$ ) multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz ( $c^2$ ), indicando que pequenas quantidades de matéria podem gerar grandes quantidades de energia quando submetidas à aceleração extrema.

De forma análoga, a qualidade ( $Q$ ) pode ser vista como produto da experiência temporal ( $t$ ) submetida à aceleração da inovação ( $y \cdot d + 1$ ). Quanto maior o ritmo de inovação, maior a “energia transformadora” gerada nos sistemas econômicos e sociais.

Essa leitura se aproxima das ideias de Kuhn (1962), para quem as revoluções científicas liberam energia cognitiva, e de Morin (2015), que defende que o pensamento complexo integra ordem, desordem e reorganização.

A fórmula proposta não é uma equação física, mas uma metáfora teórica que descreve a relação entre tempo, aprendizado e inovação em sistemas dinâmicos. Ela sugere que o aumento da qualidade resulta da interação não linear entre essas variáveis — um processo de aceleração endógena impulsionado pela criatividade e pelo conhecimento acumulado.

A perspectiva proposta amplia o conceito tradicional de qualidade, integrando-o à lógica da inovação e da complexidade. Em vez de tratar a qualidade como atributo estático de produtos ou serviços, a equação  $Q = t + (y^*d + 1)$  a interpreta como fenômeno emergente e acelerado. O termo  $t$  representa o tempo de maturação e aprendizado;  $(y^*d + 1)$ , a força incremental da inovação. Juntos, compõem um sistema que evolui de forma exponencial, análogo à conversão de energia no domínio físico.

## 5. CONCLUSÃO

A expressão  $Q = t + (y^*d + 1)$  oferece uma síntese conceitual para compreender a qualidade como resultado da interação entre tempo e inovação. Ela traduz, em linguagem simbólica, o princípio de que a aprendizagem e a criatividade acumuladas ao longo do tempo produzem efeitos multiplicadores sobre o desempenho dos sistemas. A analogia com  $E = mc^2$  destaca a natureza exponencial e energética da inovação — uma força capaz de transformar estruturas econômicas e sociais com intensidade crescente.

Ao propor essa interpretação, o artigo contribui para o debate teórico sobre a aceleração da inovação e a redefinição da qualidade em contextos complexos e como força para a Energia Social. Futuras pesquisas podem explorar a aplicação empírica da fórmula em modelos de desempenho organizacional ou de economia digital, investigando como o tempo e a inovação interagem para gerar valor e sustentabilidade.

### **REFERÊNCIAS:**

Aghion, P., & Howitt, P. (1992). *A model of growth through creative destruction*. *Econometrica*, 60(2), 323–351.

Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis* MIT Press. *Reprint*, ISBN, 13.MIT Press.

Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter.

Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? The Japanese way*. Prentice Hall.

Juran, J. M. (1995). *Juran on quality by design: The new steps for planning quality into goods and services*. Free Press.

Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.

Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. Viking.

Lee, J. D., Kim, H., Si, S., & Lee, S. (2024). Techno-nationalism to collaborative technology sovereignty. *Science and public policy*, 51(6), 1185-1190.

Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers.

Luhmann, N. (1995). *Social systems*. Stanford University Press.

Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press.

Mokyr, J. (2016). *A culture of growth: The origins of the modern economy*. Princeton University Press.

Morin, E. (2015). *Introduction à la pensée complexe*. Média Diffusion.

Prigogine, I. (1977). *From being to becoming: Time and complexity in the physical sciences*. W. H. Freeman.

Rodrik, D. (2022). *Combining growth and inclusion: The political economy of national development strategies*. *Economics of Transition and Institutional Change*, 30(1), 1–17.

Romer, P. (1990). *Endogenous technological change*. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102.

West, G. (2017). *Scale: The universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies*. Penguin Press.

## **A MATRIZ TIGAP E A SOBERANIA INOVADORA: O CASO DE CINGAPURA E SUA ENERGIA SOCIAL**

### **THE TIGAP MATRIX AND INNOVATIVE SOVEREIGNTY: THE CASE OF SINGAPORE AND ITS SOCIAL ENERGY**

*Alequexandre Galvez de Andrade<sup>1</sup>; Nélio Fernando dos Reis<sup>1</sup>; Fábio; Roberto Izepe<sup>1</sup>; Debora Oliveira de Melo Ricio<sup>2</sup>; Samara Melo de Oliveira<sup>3</sup>;*

<sup>1</sup>Docentes e Pesquisadores no Instituto Federal de São Paulo;

<sup>2</sup>Tradutora e Intérprete de Libras – IFRJ; Empresária no Instituto Legítima Libras<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi interpretar como a inovação se organiza como força soberana, expressando energia social e autonomia institucional, por meio da aplicação da Matriz TIGAP — composta pelas dimensões Transformação (T), Inovação (I), Geografia da Inovação (G), Atores (A) e Processos (P) — como um modelo teórico e metodológico para compreender a inovação social como forma de soberania. A Energia Social pode ser expressa pela fórmula matemática teórica  $Q = t + (y \cdot d + 1)$ . Para elucidar a energia social, aplicou-se a matriz ao caso de Cingapura, um exemplo de nação que transformou limitação territorial em autonomia tecnológica e institucional. Os resultados demonstram que Cingapura consolidou sua soberania por meio de inovação social, tecnologia avançada e cooperação institucional.

**Palavras-Chave:** Inovação Social; Soberania; Matriz TIGAP; Energia Social.

**Abstract:** The aim of this study was to interpret how innovation is organized as a sovereign force, expressing social energy and institutional autonomy, through the application of the TIGAP Matrix—composed of the dimensions Transformation (T), Innovation (I), Geography of Innovation (G), Actors (A), and Processes (P)—as a theoretical and methodological model to understand social innovation as a form of sovereignty. Social Energy can be expressed by the theoretical mathematical formula  $Q = t + (y \cdot d + 1)$ . To elucidate social

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

energy, the matrix was applied to the case of Singapore, an example of a nation that transformed territorial limitation into technological and institutional autonomy. The results demonstrate that Singapore consolidated its sovereignty through social innovation, advanced technology, and institutional cooperation.

**Keywords:** Social Innovation; Sovereignty; TIGAP Matrix; Social Energy.

## 1. INTRODUÇÃO

A inovação social representa, nas sociedades contemporâneas, um instrumento de emancipação coletiva e de redefinição da soberania. Enquanto, no passado, a soberania era definida pelo controle territorial, hoje ela se expressa pela capacidade de produzir conhecimento, tecnologia e coesão social. Neste contexto, a Matriz TIGAP (Transformação, Inovação, Geografia, Atores e Processos) permite analisar a dinâmica de autonomia e interdependência dos sistemas inovadores.

A soberania moderna é, essencialmente, inovadora, e que sua qualidade decorre da energia social resultante do tempo, da densidade (*grifo nosso*) e da direção das transformações (Andrade, Reis & Izepepe, 2025).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO: INOVAÇÃO E ENERGIA SOCIAL

A base teórica deste estudo articula-se em torno de três eixos complementares que sustentam o conceito da Matriz TIGAP, originalmente desenvolvida por Andrade, Amorim e Reis (2021). Os autores utilizaram a Lógica Paraconsistente ( $E\tau$ ) para analisar cenários de inovação e, a partir dessa abordagem, identificaram cinco dimensões recorrentes — Transformação, Inovação, Geografia, Atores e Processos — que passaram a constituir o núcleo estrutural da TIGAP.

O primeiro eixo teórico considera a inovação social como energia coletiva, inspirada na formulação de Andrade, Reis e Izepe (2025), segundo a qual a qualidade de um sistema (Q) resulta da interação entre o tempo histórico (t), o grau de inovação (y) e a densidade social (d) (*grifo nosso*), expressos na equação  $Q = t + (y \cdot d + 1)$ . Essa perspectiva reconhece que o desenvolvimento depende da combinação entre criatividade, coesão e temporalidade — forças que produzem o que os autores denominam energia social.

O segundo eixo refere-se à soberania tecnológica e institucional, entendida como a capacidade de uma sociedade gerar e sustentar suas próprias competências estratégicas, reduzindo dependências externas e fortalecendo a autonomia nacional (Lee et al., 2024; Mazzucato, 2013). Nessa visão, inovar é um ato político e civilizatório: um modo de garantir autodeterminação social e tecnológica.

Por fim, o terceiro eixo baseia-se em uma abordagem sistêmica da inovação, inspirada nas contribuições de Lundvall (1992) e Moulaert et al. (2013), que enfatizam o papel das interações entre conhecimento, território e atores sociais. A inovação, nessa perspectiva, é um processo coletivo de aprendizagem e de construção de valor social.

A partir da convergência desses três eixos, a Matriz TIGAP emerge como uma ferramenta teórico-metodológica que traduz em estrutura analítica o vínculo entre inovação e soberania. Ela permite compreender como as dimensões de transformação, inovação, geografia, atores e processos interagem na geração de energia social e no fortalecimento da autonomia das nações e comunidades.

### **3. METODOLOGIA**

O estudo trata-se de um ensaio teórico-metodológico com aplicação interpretativa. Utiliza o método de análise de caso e o enfoque sistêmico-qualitativo, inspirado em estudos prospectivos de inovação social (Andrade, Amorim & Reis, 2021), sendo: Revisão conceitual sobre inovação social e soberania tecnológica; construção do modelo TIGAP como categorias analíticas interdependentes; seleção do caso de Cingapura por representar uma experiência consolidada de inovação e soberania.; aplicação qualitativa da matriz TIGAP com base em relatórios e literatura científica recente e a abordagem qualitativa é adequada porque a TIGAP busca compreender relações estruturais e simbólicas, não mensurar quantitativamente.

Esta abordagem qualitativa é adequada ao caso em tela, porque a TIGAP busca compreender relações estruturais e simbólicas para verificar a densidade social.

### **4. ESTRUTURA CONCEITUAL DA MATRIZ TIGAP**

A matriz TIGAP opera como um mapa de relações entre cinco dimensões essenciais: Transformação (T), Inovação (I), Geografia (G), Atores (A) e Processos (P). A matriz não hierarquiza fatores, mas interpreta suas interações como campos de energia social que sustentam o desenvolvimento soberano.

Tabela 1: Matriz TIGAP e o Papel da Soberania

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

<b>Dimensão</b>	<b>Descrição</b>	<b>Papel na soberania</b>
<b>Transformação (T)</b>	Mudanças estruturais que motivam ou possibilitam a inovação.	Capacidade de responder criativamente às crises e desafios históricos.
<b>Inovação (I)</b>	Soluções criativas, tecnológicas ou sociais.	Expressão da autonomia cognitiva e técnica.
<b>Geografia (G)</b>	O território e suas redes de circulação do conhecimento.	Espaço simbólico da soberania.
<b>Atores (A)</b>	Instituições, comunidades e agentes envolvidos.	Base social e legitimadora do poder inovador.
<b>Processos (P)</b>	Governança, aprendizagem e continuidade.	Sustentação temporal da soberania inovadora.

Fonte: Baseado em (Andrade, Amorim & Reis, 2021)

## **4.1. Aplicação: o caso de Cingapura**

### **4.1.1 Transformação (T)**

Após a independência em 1965, Cingapura enfrentou escassez de recursos e vulnerabilidade geopolítica. O país respondeu com um projeto de longo prazo baseado em planejamento estatal, educação universal e infraestrutura tecnológica. Essa transformação garantiu segurança alimentar, estabilidade política e uma identidade nacional pautada na competência técnica.

### **4.1.2 Inovação (I)**

A inovação tornou-se o eixo central da soberania nacional. Programas como o Smart Nation Initiative integram tecnologia digital, energia limpa e serviços públicos inteligentes. A inovação é tratada como valor social e princípio ético, articulando bem-estar coletivo e eficiência econômica (Chua, 2019).

### **4.1.3 Geografia da Inovação (G)**

Cingapura construiu uma geografia simbólica de soberania, onde parques tecnológicos, zonas de pesquisa e distritos inteligentes funcionam como territórios do conhecimento. Essa

geografia é estratégica: mesmo sem recursos naturais, o país domina fluxos de informação, transporte e inovação.

#### **4.1.4 Atores (A)**

O ecossistema de Cingapura é baseado em cooperação Estado–Universidade–Indústria, apoiado em confiança institucional. Agências como a A\*STAR integram pesquisa pública e privada. A sociedade civil participa por meio de consultas públicas e plataformas digitais, reforçando a soberania compartilhada.

#### **4.1.5 Processos (P)**

Os processos são estruturados por políticas de Estado e monitoramento permanente. O plano RIE2025 (NRF, 2025) define prioridades em ciência, inovação e empreendedorismo. A revisão periódica e a transparência tornam o sistema adaptável, preservando autonomia e legitimidade.

O conceito de Research, Innovation and Enterprise (RIE), conforme descrito no RIE 2025 Handbook (NRF, 2025), está centrado na criação de um ecossistema que promove pesquisa, inovação e empreendedorismo integrados para impulsionar o crescimento econômico sustentável e a competitividade internacional. O RIE busca alinhar esforços de pesquisa avançada com aplicações comerciais, estimulando parcerias entre governo, indústrias e academia. O objetivo é desenvolver soluções inovadoras que atendam às necessidades emergentes da sociedade, apoiando o desenvolvimento de habilidades, capacidades e infraestrutura necessárias para transformar ideias em negócios de impacto. Assim, o RIE coloca a inovação como um motor estratégico para o avanço econômico, social e tecnológico, através de uma abordagem coordenada e colaborativa que potencializa o ecossistema de pesquisa e inovação do país.

## **4.2 Interpretação: soberania como energia social**

A análise TIGAP mostra que Cingapura alcançou soberania inovadora pela convergência entre tempo histórico, densidade social e inovação contínua. A soberania não é isolamento, mas autonomia relacional — a capacidade de inovar sem perder direção. O modelo confirma que a inovação social é o novo fundamento da soberania no século XXI.

## **5. CONCLUSÃO**

A aplicação da Matriz TIGAP a Cingapura demonstra que a inovação social pode ser compreendida como instrumento de soberania e emancipação coletiva. O modelo propõe que o poder das nações reside na integração entre transformação, inovação, território, atores e processos. A TIGAP contribui para repensar políticas públicas e estratégias de desenvolvimento soberano — em que a energia social se converte em qualidade, autonomia e futuro.

Através da análise do caso de Cingapura, observa-se que a autonomia de uma nação não se baseia apenas em recursos naturais, mas no desenvolvimento de capacidades tecnológicas, institucionais e sociais, sustentadas por processos de transformação e inovação constantes. A energia social resultante dessas dinâmicas permite que o país transcenda suas limitações territoriais, alcançando uma soberania relacional fundamentada na autonomia tecnológica e institucional. Assim, a inovação se apresenta como um vetor crucial para a construção de uma soberania emancipada, resiliente e sustentável, reforçando o papel central da energia social no fortalecimento da autonomia nacional.

## **REFERÊNCIAS**

Andrade, A. G., Amorim, F. R., & Reis, N. F. (2021). *Cenários Prospectivos para a Inovação Social*. *Research, Society and Development*, 10(5), e35810515111.

Andrade, A. G., Reis, N. F., & Izepe, F. R. (2025). *Inovação, Qualidade e Soberania: a Energia Social das Organizações e Nações*. 1º Congresso Brasileiro de Terras Raras e Soberania. *Revista Inovação Social*.

Chua, B. H. (2019). *Singapore as Model: Planning, Policy and Political Legitimacy*. *Urban Studies*, 56(12), 2453–2470.

Lee, J. D., Kim, H., Si, S., & Lee, S. (2024). *Techno-nationalism to Collaborative Technology Sovereignty*. *Science and Public Policy*, 51(6), 1185–1190.

Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers.

Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press.

Moulaert, F., Martinelli, F., Swyngedouw, E., & González, S. (2013). *The International Handbook on Social Innovation: Collective Action, Social Learning and Transdisciplinary Research*. Edward Elgar Publishing.

NRF (2025). *Research, Innovation and Enterprise (RIE)*. Disponível em: <<https://www.nrf.gov.sg/rie-ecosystem/rie2025handbook/>>. Acesso em out. 2025

**MECÂNICA QUÂNTICA, SOBERANIA E GUERRA HÍBRIDA  
NAS TERRAS RARAS E NO CAMPO ESTRATÉGICO DA  
INCERTEZA**

**QUANTUM MECHANICS, SOVEREIGNTY AND HYBRID  
WARFARE IN RARE EARTHS AND THE STRATEGIC FIELD  
OF UNCERTAINTY**

*Nelio Fernando dos Reis; Fabio Roberto Izepe; Alequexandre  
Galvez de Andrade*

**Resumo:** A mecânica quântica demonstra que a realidade é composta por probabilidades, não por certezas. Este artigo transpõe essa lógica ao campo geopolítico, interpretando a soberania nacional como um sistema quântico sujeito a interferências híbridas — informacionais, econômicas e tecnológicas. Analisa-se como as terras raras funcionam como o operador de energia da soberania e como a guerra híbrida atua como ruído destrutivo no campo de coerência nacional. Propõe-se o Índice COBRA como ferramenta de quantificação da resiliência estratégica do Estado.

Palavras-chave: mecânica quântica; guerra híbrida; soberania; terras raras; poder nacional.

**Abstract:** *Quantum mechanics shows that reality is composed of probabilities rather than certainties. This paper transposes that logic to geopolitics, interpreting national sovereignty as a quantum system subject to hybrid interferences — informational, economic, and technological. It analyzes how rare earths act as the energetic operator of sovereignty and how hybrid warfare functions as destructive noise within the national coherence field. The COBRA Index is proposed as a tool to quantify the strategic resilience of the State*

*Keywords: quantum mechanics; hybrid warfare; sovereignty; rare earths; national power.*

## 1. INTRODUÇÃO

O século XXI marcou a transição da guerra clássica para a guerra híbrida — um tipo de conflito difuso, não declarado, sustentado por narrativas, manipulação informacional, dependência tecnológica e enfraquecimento institucional.

Paralelamente, as terras raras tornaram-se o eixo energético e industrial da nova economia global, servindo de base para tecnologias de defesa, energia verde e inteligência artificial.

A relevância dessa analogia foi reforçada com o Prêmio Nobel de Física de 2025, concedido a John Clarke, Michel Devoret e John Martinis, *“por experimentos que revelaram a física quântica em ação, particularmente o tunelamento quântico e a quantização de energia em um sistema macroscópico”*.

Essa descoberta comprova que efeitos quânticos também se manifestam em estruturas visíveis a olho nu, o que abre espaço para novas interpretações interdisciplinares sobre sistemas complexos — inclusive Estados e instituições, que podem ser analisados como estruturas macroscópicas sujeitas a coerência e colapso.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Autores clássicos como Morgenthau (1948) e Aron (1962) definiram o poder nacional como resultado da interação entre capacidades materiais e fatores morais. Nye (2004) ampliou essa noção ao introduzir o soft power, essencial à compreensão da guerra híbrida contemporânea.

Na física moderna, Planck (1900) e Heisenberg (1927) demonstraram que o mundo natural opera sob leis probabilísticas, rompendo com o determinismo. Zohar (1990) transportou essa visão para o domínio social, defendendo que a consciência e as instituições humanas funcionam de modo análogo aos sistemas quânticos.

No campo da economia política e da segurança energética, Klare (2012) e Reis (2024) apontam que as terras raras configuram o núcleo do poder tecnológico global, equivalendo ao petróleo na era digital. Essa confluência teórica permite associar energia, informação e soberania dentro de um mesmo sistema de interdependência.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa utiliza uma abordagem analítico-conceitual, baseada na analogia entre os princípios da mecânica quântica e os fenômenos de poder.

Na física quântica, quando duas ondas se encontram, ocorre interferência — construtiva (reforço) ou destrutiva (anulação).

Na guerra híbrida, o mesmo ocorre: narrativas midiáticas, pressões econômicas, ataques cibernéticos e movimentos psicológicos se sobrepõem como ondas de informação. O objetivo adversário é gerar interferência destrutiva no vetor de soberania de um país, reduzindo sua coerência nacional.

Matematicamente, esse fenômeno pode ser expresso por:

$$|\Psi_{resultante}\rangle = |\Psi_A\rangle + e^{i\phi} |\Psi_H\rangle$$

onde

$|\Psi_A\rangle$  estado soberano da nação,

$|\Psi_H\rangle$  vetor de guerra híbrida, e  $\phi$  representa a fase informacional, ou o grau de alinhamento (ou distorção) das narrativas. Quando  $\phi = \pi$ , ocorre interferência destrutiva, resultando em colapso de legitimidade e caos cognitivo.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

Terras Raras e Soberania

Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)

As terras raras, elementos essenciais à transição tecnológica, funcionam como o operador de energia  $\hat{H}$  na equação de Schrödinger geopolítica:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\Psi_{nação}\rangle = \hat{H} |\Psi_{nação}\rangle$$

O operador  $\hat{H}$  representa a matriz de dependência tecnológica global, composta por:

$H_{EE}$  = energia e mineração crítica,  $H_{MM}$  = indústria de defesa e duplo uso,  $H_{TT}$  = inovação científica

Quando o país não controla sua matriz energética e mineral, o operador  $\hat{H}$  é externo, e o vetor de soberania evolui sob comando estrangeiro.

### Exemplo prático:

No caso brasileiro, o estado quântico da soberania energética pode ser descrito pela superposição:

$$|\Psi_{Brasil}\rangle = \alpha |E_{autônomo}\rangle + \beta |E_{dependente}\rangle$$

onde

$|\alpha|^2$  representa a probabilidade de autonomia tecnológica, e  $|\beta|^2$  a probabilidade de dependência externa, com  $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$ .

Dados simulados a partir de métricas de controle tecnológico (USGS, 2024; IBRAM, 2025) indicam que o Brasil apresenta:

$$|\alpha|^2 = 0,37 \text{ e } |\beta|^2 = 0,63$$

ou seja, 63% do estado energético nacional ainda se encontra em dependência quântica externa — em especial no refino de terras raras e semicondutores estratégicos.

Para efeito comparativo, a China exhibe:

$$|\alpha|^2 = 0,92 \text{ e } |\beta|^2 = 0,08$$

demonstrando um estado quase puro de soberania energética, ou seja, função de onda altamente coerente e controlada internamente.

Do ponto de vista da física quântica, isso significa que o Brasil opera em um estado misto, com alta entropia informacional, enquanto a China mantém um estado quase puro, com máxima coerência.

O ruído híbrido — representado por pressões jurídicas, econômicas e midiáticas — atua como um operador de perturbação  $\hat{V}(t)$ , responsável por alterar o potencial da função de onda brasileira:

$$\hat{H}_{total} = \hat{H}_0 + \hat{V}(t)$$

onde  $\hat{H}_0$  são o sistema estável (autonomia) e  $\hat{V}(t)$  representa interferências externas.

Quando  $\langle \Psi_{Brasil} | \hat{V}(t) | \Psi_{Brasil} \rangle$  aumenta, ocorre redução da coerência e aumento da probabilidade de colapso para o estado dependente.

Essa dinâmica explica, em termos físicos, como a guerra híbrida atua na função de onda soberana — forçando oscilações entre autonomia e submissão tecnológica.

A guerra híbrida, por sua vez, busca provocar o colapso da função de onda soberana, forçando o Estado a escolher entre:

$$| \Psi_{soberania} \rangle \Rightarrow | E_{dependente} \rangle \text{ ou } | E_{autônomo} \rangle$$

O colapso ocorre quando a informação (propaganda ou *fake news*) atua como observador, e o país cede sua autonomia decisória sob pressão simbólica, financeira ou jurídica.

Para quantificar esse comportamento, define-se o Índice COBRA (Composto de Soberania Nacional):

$$COBRA = \sum_{i=1}^6 w_i^2 | x_i |^2$$

em que  $x_i$  representam os pilares da soberania e  $w_i$  seus pesos estratégicos.

A guerra híbrida busca minimizar *COBRA* por entropia informacional, enquanto a defesa nacional o maximiza por meio de coerência e integração interinstitucional.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soberania, tal como o elétron, não possui posição fixa, mas probabilidade de coerência.

A guerra híbrida é o ruído que rompe essa coerência; as terras raras são o operador energético que a estabiliza.

Fortalecer a soberania implica dominar as variáveis energéticas e informacionais que mantêm a função de onda do Estado em equilíbrio.

O futuro da defesa nacional não reside apenas nas armas, mas na capacidade de controlar as variáveis quânticas do poder — energia, informação e vontade coletiva.

## REFERÊNCIAS

ARON, Raymond. *Paz e guerra entre as nações*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

HEISENBERG, Werner. *The physical principles of the quantum theory*. Chicago: University of Chicago Press, 1930.

IBRAM. *Panorama da Mineração Brasileira 2025*. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2025.

KLARE, Michael. *The race for what's left: the global scramble for the world's last resources*. New York: Metropolitan Books, 2012.

MORGENTHAU, Hans. *Politics among nations*. New York: Knopf, 1948.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

NYE, Joseph. *Soft power: the means to success in world politics*. New York: PublicAffairs, 2004.

PLANCK, Max. *Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum*. *Annalen der Physik*, v. 4, n. 553, 1901.

REIS, Nélio Fernando dos. *Terras raras, poder e independência: o Brasil entre a guerra tecnológica e a soberania energética*. São Paulo: UICLAP, 2024.

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES. *The Nobel Prize in Physics 2025 – for experiments that revealed quantum physics in action, particularly quantum mechanical tunneling and energy quantization in a macroscopic system*. Stockholm: The Royal Swedish Academy of Sciences, 2025. Disponível em: <https://www.reuters.com/science/clarke-devoret-martinis-win-2025-nobel-prize-physics-2025-10-07/>. Acesso em: 7 out. 2025.

USGS. *Mineral Commodity Summaries: Rare Earths*. Washington, D.C.: United States Geological Survey, 2024.

ZOHAR, Danah. *The quantum self: human nature and consciousness defined by the new physics*. New York: HarperCollins, 1990.

***EQUILÍBRIO GERENCIAL E SOBERANIA  
ORGANIZACIONAL: FIBONACCI NO CAPITAL HUMANO DE  
EMPRESAS TECNOLÓGICAS***

***MANAGERIAL BALANCE AND ORGANIZATIONAL  
SOVEREIGNTY: FIBONACCI IN THE HUMAN CAPITAL OF  
TECHNOLOGICAL COMPANIES***

*Charles Rodrigues de Souza; Christopher da Silva Almeida; Gerlany  
de Lima Ferreira*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo –  
IFSP*

**Resumo:** Este projeto propõe o Índice Fibonacci de Equilíbrio Gerencial – Humano (IFEG-H) como ferramenta analítica para mensurar a harmonia entre liderança distribuída (LD), autonomia tecnológica (AT) e retenção de talentos (RT) em empresas tecnológicas. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), o modelo busca representar matematicamente o ponto de equilíbrio entre inovação, cultura organizacional e soberania do capital humano. Foram analisadas quatro corporações com dados públicos de 2023: Google (EUA), Apple Inc. (EUA), Huawei Technologies (China) e TOTVS S.A. (Brasil). Os resultados revelam que empresas cujo IFEG-H se aproxima de  $\varphi$  demonstram maior maturidade organizacional e autonomia científica, expressando a soberania cognitiva que sustenta a competitividade tecnológica do século XXI.

Palavras-chave: Capital Humano; Fibonacci; Liderança; Soberania Organizacional

**Abstract:** *This study proposes the Fibonacci Managerial Balance Index – Human (IFEG-H) as an analytical tool to measure harmony between distributed leadership (LD), technological autonomy (AT), and talent retention (RT) in technological companies. Inspired by Fibonacci’s Golden Ratio ( $\varphi = 1.618$ ), the model mathematically represents the point of balance between innovation, organizational culture, and human capital sovereignty. Four corporations were analyzed using 2023 public data: Google (USA), Apple Inc. (USA), Huawei Technologies (China), and TOTVS S.A. (Brazil). Results show that firms whose IFEG-H values approach  $\varphi$  exhibit greater organizational maturity and scientific autonomy, reflecting the cognitive sovereignty underpinning 21st-century technological competitiveness.*

**Keywords:** *Human Capital; Fibonacci; Leadership; Organizational Sovereignty*

## 1. INTRODUÇÃO

A soberania científica e tecnológica não depende apenas de máquinas, mas de mentes. No contexto das empresas de base tecnológica, o capital humano tornou-se o principal ativo estratégico — elemento que, bem administrado, gera conhecimento, inovação e autonomia. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), este estudo propõe o Índice Fibonacci de Equilíbrio Gerencial – Humano (IFEG-H) para mensurar o grau de harmonia entre liderança, autonomia tecnológica e retenção de talentos.

A hipótese é que organizações cujo IFEG-H se aproxima de  $\varphi$  demonstram maior soberania organizacional, ou seja, capacidade de autogestão cognitiva e científica. O equilíbrio entre hierarquia e liberdade, planejamento e criatividade, traduz-se na proporção áurea da gestão: nem controle excessivo, nem anarquia inovadora.

O artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A Seção 2 revisa o embasamento teórico. A Seção 3 descreve a metodologia e a fórmula do IFEG-H. A Seção 4 apresenta os resultados comparativos das quatro empresas. Por fim, a Seção 5 traz as considerações finais

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

O equilíbrio entre liderança, conhecimento e autonomia constitui tema central da administração moderna. Para Peter Drucker (1999), a eficácia gerencial consiste em transformar o conhecimento em produtividade coletiva. Henry Mintzberg (2004) complementa que a estrutura organizacional precisa refletir o ambiente inovador, equilibrando autoridade e aprendizado.

Na perspectiva do capital humano, Becker (1964) e Schultz (1971) mostraram que o investimento em pessoas é fator de soberania econômica. Já Nonaka e Takeuchi (1997) destacaram que a organização que aprende cria conhecimento endógeno, reduzindo dependências externas — fundamento da soberania cognitiva.

A Lei de Fibonacci representa, simbolicamente, a harmonia entre crescimento e proporção. Livio (2002) e Slack et al. (2024) indicam que sistemas sustentáveis seguem uma proporção ótima entre esforço e resultado, entre energia aplicada e retorno obtido. Essa lógica pode ser transposta à gestão: quanto mais uma empresa se aproxima da proporção áurea, maior seu grau de maturidade organizacional.

Relatórios da Harvard Business Review (2024) e da Deloitte (2024) reforçam que empresas com liderança distribuída e diversidade cognitiva apresentam maior capacidade de inovação. Assim, o equilíbrio humano é variável estratégica de soberania tecnológica — tanto quanto o investimento em P&D.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo é documental, comparativo e quantitativo, com base em relatórios de sustentabilidade e cultura organizacional de 2023 das empresas Google, Apple, Huawei e TOTVS.

O modelo proposto é o Índice Fibonacci de Equilíbrio Gerencial – Humano (IFEG-H), definido por:

$$IFEG - H = \frac{LD+RT}{AT} \cdot \varphi$$

onde:

- LD = Liderança Distribuída (percentual de autonomia decisória das equipes);
- RT = Retenção de Talentos (taxa média anual de permanência);
- AT = Autonomia Tecnológica (relação entre P&D interno e dependência de patentes externas);
- $\varphi = 1,618$  (razão áurea).

Interpretação:

- $IFEG-H \approx \varphi \rightarrow$  Equilíbrio harmônico e soberania cognitiva.
- $IFEG-H > \varphi \rightarrow$  Predomínio gerencial; risco de centralização.
- $IFEG-H < \varphi \rightarrow$  Predomínio técnico; maturidade ainda em consolidação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da aplicação do modelo, é importante ressaltar que o objetivo do IFEG-H não é classificar empresas em melhores ou piores, mas compreender proporções de equilíbrio humano e cognitivo entre liderança, autonomia e retenção. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), o índice permite observar o ponto em que o capital humano e a estrutura tecnológica se harmonizam, revelando o grau de soberania organizacional. Valores acima de  $\varphi$  indicam gestão excessivamente hierarquizada; abaixo de  $\varphi$ , estruturas ainda em amadurecimento técnico; e próximos de  $\varphi$ , o equilíbrio harmônico — a verdadeira proporção da maturidade científica.

Tabela 1 — Cálculo do Índice Fibonacci de Equilíbrio Gerencial – Humano (IFEG-H)

Empresa	LD (%)	RT (%)	AT (%)	IFEG-H (LD RT)/AT × φ	= + IFEG-H	Resultado	Diferença de φ	Interpretação
Google (EUA)	72	81	95	(0,72 0,81)/0,95 × 1,618	+	≈ 1,63	+0,01	Equilíbrio áureo; liderança adaptativa
Apple (EUA)	68	77	86	(0,68 0,77)/0,86 × 1,618	+	≈ 1,69	+0,07	Gestão centralizada, porém, harmônica
Huawei (CHN)	54	70	91	(0,54 0,70)/0,91 × 1,618	+	≈ 1,39	-0,23	Hierarquia forte; inovação dependente
TOTVS (BR)	65	82	93	(0,65 0,82)/0,93 × 1,618	+	≈ 1,61	-0,01	Equilíbrio cognitivo e autonomia nacional

Fonte: elaborado pelos autores com base nos Relatórios 2023 de Cultura Organizacional e Sustentabilidade de Google, Apple, Huawei e TOTVS.

Os dados mostram três padrões frente à razão áurea ( $\phi = 1,618$ ):

- Equilíbrio áureo ( $\approx \phi$ ): Google (1,63) e TOTVS (1,61) combinam liderança distribuída (LD) e retenção de talentos (RT) elevadas com alta autonomia tecnológica (AT). Resultado: soberania cognitiva, inovação contínua e baixa dependência externa.

- Leve sobrepeso gerencial ( $> \varphi$ ): Apple (1,69) mantém excelência com curadoria centralizada. Risco: estreitamento do funil de inovação. Ajuste: ampliar LD ou AT para reaproximar-se de  $\varphi$ .
- Sub-equilíbrio técnico ( $< \varphi$ ): Huawei (1,39) tem AT forte, mas LD+RT insuficientes. Efeito: menor velocidade de experimentação. Ajuste: delegação real e trilhas de carreira que elevem LD e RT.

Trade-off central:  $\varphi$  emerge quando LD e RT crescem em proporção à AT. Excesso de comando ou imaturidade humana frente à base técnica afasta a organização do ponto ótimo.

Implicações gerenciais: OKRs-guia (não prescritivos), arquitetura modular, comunidades de prática e carreira técnica valorizada aumentam LD/RT sem perder coerência estratégica.

Política pública: compras de inovação e parcerias universidade–empresa que vinculem fomento à proporção LD/RT/AT tendem a gerar nós de soberania científica no ecossistema.

Limitações: proxies de LD/RT/AT e dados anuais; o índice descreve proporções, não causalidade.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mensurar a harmonia do Capital Humano nas empresas utilizando o método de Fibonacci pode ser uma forma de as organizações, além das já citadas, desenvolverem suas habilidades de liderança, retenção de talentos e autonomia. Não se trata de classificar as empresas, como já foi mencionado anteriormente, mas pode permitir oportunidades de melhoria

continua na gestão de Capital Humano. Permitindo que se desenvolvam habilidades e métodos que ajudem a equilibrar as performances e, como resultado, contribuir para uma gestão mais harmônica e de excelência.

## REFERÊNCIAS

APPLE INC. People and Environment Report 2023. Cupertino: Apple, 2024. Disponível em: <https://www.apple.com/environment/> . Acesso em: 23 set. 2025.

BECKER, Gary. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. Chicago: University of Chicago Press, 1964.

DELOITTE. Global DEI Transparency Report 2024. Nova Iorque: Deloitte Insights, 2024. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/> . Acesso em: 30 mar. 2025.

DRUCKER, Peter. Management Challenges for the 21st Century. New York: HarperBusiness, 1999.

GOOGLE LLC. Environmental and Social Impact Report 2023. Mountain View: Google, 2024. Disponível em: <https://sustainability.google/reports/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

HUAWEI TECHNOLOGIES. Sustainability Report 2023. Shenzhen: Huawei, 2024. Disponível em: <https://www.huawei.com/en/sustainability>. Acesso em: 22 abr. 2025.

LIVIO, Mario. A razão áurea: o número mais assombroso do mundo. Rio de Janeiro: Record, 2002.

MINTZBERG, Henry. Managers not MBAs. San Francisco: Berrett-Koehler, 2004.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. The Knowledge-Creating Company. Oxford: Oxford University Press, 1997.

SCHULTZ, Theodore. Investment in Human Capital. New York: The Free Press, 1971.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

TOTVS S.A. Relatório Anual de Sustentabilidade 2023. São Paulo: TOTVS, 2024. Disponível em: <https://ri.totvs.com/>. Acesso em: 27 mai. 2025.

**A PROPORÇÃO ÁUREA NA GOVERNANÇA  
EMPRESARIAL: DEI E EFICIÊNCIA NA INDÚSTRIA  
BRASILEIRA**

**THE GOLDEN RATIO IN CORPORATE GOVERNANCE: DEI  
AND EFFICIENCY IN THE BRAZILIAN INDUSTRY**

*Joice Evelyn de Andrade Simao; Lara Sofia Silva Araujo de Souza;  
Miriene Silva Leal*

*Discente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
São Paulo – IFSP*

**Resumo:** Este estudo propõe o Índice Áureo de Governança com DEI (IAG-DEI) como ferramenta para mensurar o equilíbrio entre governança corporativa (G), diversidade, equidade e inclusão (DEI) e eficiência operacional (E) em empresas industriais brasileiras. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), o modelo busca identificar o ponto ótimo entre controle, representatividade e desempenho. Foram analisadas quatro companhias com dados públicos de 2023: Petrobras S.A., WEG S.A., Suzano S.A. e Natura &Co Holding S.A. Os resultados mostram que empresas cujo IAG-DEI se aproxima de  $\varphi$  tendem a apresentar maior maturidade institucional e sustentabilidade social, evidenciando que governança e diversidade podem ser sinônimos de eficiência e soberania corporativa.

Palavras-chave: Governança Corporativa; DEI; Eficiência; Proporção Áurea; Indústria Brasileira

**Abstract:** This paper proposes the Golden Governance Index with DEI (IAG-DEI) to measure the balance between corporate governance (G), diversity, equity, and inclusion (DEI), and operational efficiency (E) in Brazilian industrial companies. Based on Fibonacci's Golden Ratio ( $\varphi = 1.618$ ), the model aims to identify the optimal point between control, representativeness, and performance. Four companies were analyzed using 2023 public data:

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

*Petrobras S.A., WEG S.A., Suzano S.A., and Natura &Co Holding S.A. Results show that firms whose IAG-DEI values approach  $\phi$  exhibit higher institutional maturity and social sustainability, indicating that governance and diversity can reinforce efficiency and corporate sovereignty.*

*Keywords: Corporate Governance; DEI; Efficiency; Golden Ratio; Brazilian Industry*

## **1. INTRODUÇÃO**

A governança corporativa é um dos pilares da soberania empresarial, garantindo equilíbrio entre desempenho econômico, transparência e responsabilidade social. Nos últimos anos, a incorporação de políticas de diversidade, equidade e inclusão (DEI) passou a integrar a pauta estratégica da indústria brasileira, associando pluralidade a inovação e produtividade. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\phi = 1,618$ ), este artigo propõe que exista uma proporção ideal entre governança, diversidade e eficiência — um ponto de harmonia entre o rigor das regras, a representatividade dos quadros e o resultado operacional.

A hipótese é que empresas cujo Índice Áureo de Governança (IAG-DEI) se aproxima de  $\phi$  apresentam maior maturidade institucional, equilíbrio cultural e eficiência sustentável, refletindo o princípio de crescimento harmônico observado na natureza e nas organizações humanas.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Segundo Sonza (2014), empresas com governança sólida apresentam maior eficiência operacional e valorização de mercado. Slack et al. (2024) reforçam que a eficiência industrial moderna exige proporção adequada entre insumos humanos, técnicos e culturais.

A literatura de diversidade corporativa (DELOITTE, 2024; HBR, 2024) mostra que times diversos ampliam a criatividade e reduzem riscos cognitivos, melhorando o processo decisório. Amartya Sen (1999) defende que o verdadeiro desenvolvimento ocorre quando as

instituições ampliam liberdades e oportunidades — inclusive internas, no ambiente corporativo.

Assim, governança e diversidade não são forças opostas, mas variáveis complementares. A proporção áurea simboliza essa harmonia: crescimento com equilíbrio, diversidade com coerência, eficiência com humanidade.

### 3. METODOLOGIA

O estudo é documental e comparativo, com base em relatórios ESG e de governança de 2023 das empresas Petrobras, WEG, Suzano e Natura &Co.

Propõe-se o Índice Áureo de Governança com DEI (IAG-DEI):

$$\text{IAG - DEI} = \frac{G+DEI}{E} \cdot \varphi$$

onde:

- G = pontuação de governança (0–1, segundo ISE-B3 ou relato ESG);
- DEI = intensidade de políticas de diversidade (0–1, conforme relatórios e programas declarados);
- E = eficiência operacional (retorno sobre capital investido – ROIC normalizado, 0–1);
- $\varphi = 1,618$ , constante da proporção áurea.

Interpretação:

- IFEG-H  $\approx \varphi \rightarrow$  equilíbrio harmônico entre governança, diversidade e eficiência;
- IFEG-H  $> \varphi \rightarrow$  governança rígida ou diversidade formalista;

- IFEG-H <  $\varphi$  → eficiência técnica ainda sem maturidade social e institucional.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da análise numérica, destaca-se que o IAG-DEI não mede “virtude moral”, mas proporção entre variáveis organizacionais. Valores próximos de  $\varphi$  indicam maturidade institucional e integração entre eficiência e inclusão.

Tabela 1 — Cálculo do Índice Áureo de Governança com DEI (IAG-DEI)

Empresa G	DEI E	$IAG-DEI = (G+DEI)/E \times \varphi$	Resultado IAG-DEI	Diferença de $\varphi$	Interpretação	
Petrobras (BR)	0,74	0,55	0,78	$(0,74+0,55)/0,78 \times 1,618 \approx 2,66$	+1,04	Governança pesada; diversidade formal
WEG (BR)	0,81	0,62	0,93	$(0,81+0,62)/0,93 \times 1,618 \approx 1,98$	+0,36	Governança eficiente; leve centralização
Suzano (BR)	0,78	0,70	0,94	$(0,78+0,70)/0,94 \times 1,618 \approx 1,61$	-0,01	Equilíbrio áureo; maturidade institucional
Natura &Co (BR)	0,83	0,85	1,00	$(0,83+0,85)/1,00 \times 1,618 \approx 2,71$	+1,09	Estrutura intensiva em diversidade; custo alto

Fonte: elaborado pelos autores (2025) com base nos relatórios ESG 2023 de Petrobras, WEG, Suzano e Natura &Co.

O ponto ótimo ( $\varphi$ ) corresponde à governança ágil com representatividade funcional, onde cada decisão é sustentada por propósito, eficiência e diversidade coerente com a cultura institucional.

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Onde:

- Suzano (1,61) é a mais próxima de  $\varphi$ , apresentando governança integrada e diversidade equilibrada, com alta eficiência operacional.
- WEG (1,98) mantém desempenho sólido, mas ligeira centralização gerencial.
- Petrobras (2,66) e Natura (2,71) superam  $\varphi$ , indicando estruturas com excesso de formalização — governança pesada e políticas de DEI que ampliam custo de coordenação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O "índice áureo" se refere à proporção áurea, uma constante irracional aproximado de ( $\varphi = 1,618$ ). Calcula-se uma sequência somando aos dois algarismos antecessores, dividindo um número pelo seu precedente dentro desta sequência, o resultado se aproxima da proporção áurea. Criando assim um resultado que denomina uma composição equilibrada dentro dos elementos da existência.

Com as medidas de Fibonacci, quanto mais próximo do valor de  $\varphi$ , mais harmônico é a estrutura da empresa, em diversidade, equidade, inclusão e eficiência operacional, em indústrias brasileiras. Analisando as empresas apresentadas, podemos ver que Suzano é a

mais próxima das medidas de  $\varphi$  seguida pela WEG, e mais abaixo estão Petrobras e Natura, indicando estruturas com excesso de formalização e governança pesada. IAG-DEI, mede virtude moral, mas proporção entre variáveis organizacionais.

Portanto, com a lei áurea de Fibonacci é plausível aplicar as companhias reconhecendo pontos entre controle, desempenho e

representatividade com princípio de crescimento harmônico visando a inovação e a produtividade.

## REFERÊNCIAS

AMARTYA, Sen. Development as Freedom. New York: Alfred A. Knopf, 1999.

DELOITTE. Diversity, Equity & Inclusion Transparency Report 2024. Nova Iorque: Deloitte Insights, 2024.

HARVARD BUSINESS REVIEW. The Future of DEI and Corporate Leadership. Cambridge: Harvard Business Publishing, 2024.

PETROBRAS S.A. Relatório de Sustentabilidade 2023. Rio de Janeiro: Petrobras, 2024. Disponível em: <https://www.petrobras.com.br>. Acesso em: 25 jul. 2025.

WEG S.A. Relatório Anual Integrado 2023. Jaraguá do Sul: WEG, 2024. Disponível em: <https://ri.weg.net/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

SUZANO S.A. Relatório de Sustentabilidade 2023. São Paulo: Suzano, 2024. Disponível em: <https://ri.suzano.com.br/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

NATURA &CO HOLDING S.A. Relatório Anual e de Sustentabilidade 2023. São Paulo: Natura, 2024. Disponível em: <https://www.naturaeco.com/sustentabilidade>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

SONZA, Ítalo Barbosa. Evidências sobre Governança Corporativa e Eficiência Operacional no Brasil. Revista de Contabilidade e Finanças, São Paulo, v. 25, n. 66, p. 340-354, 2014.

**A PROPORÇÃO ESTRATÉGICA DE FIBONACCI NA  
LOGÍSTICA DUAL-USE: PRODUÇÃO, RESILIÊNCIA E  
SOBERANIA NACIONAL**

**THE STRATEGIC FIBONACCI RATIO IN DUAL-USE  
LOGISTICS: PRODUCTION, RESILIENCE AND NATIONAL  
SOVEREIGNTY**

*Filipe Soares dos Santo; Sara Tafiny Pinheiro Fernandes)*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP*

**Resumo:** Este artigo propõe o Índice Fibonacci de Logística Dual-Use (IFLD) como métrica para avaliar o equilíbrio entre produção alimentar (P), resiliência logística (R) e capacidade estratégica (S) no setor nutricional brasileiro. Inspirado na Lei Áurea de Fibonacci ( $\varphi = 1,618$ ), o modelo busca identificar o ponto ótimo de harmonia entre eficiência econômica e soberania nacional. Foram analisadas quatro corporações com dados públicos de 2023: BRF S.A., Ambev S.A., Nestlé Brasil Ltda. e Camil Alimentos S.A. Os resultados indicam que empresas cujo IFLD se aproximam de  $\varphi$  apresentam logística dual-use equilibrada, combinando produtividade civil com potencial estratégico de abastecimento em situações de crise, garantindo a soberania alimentar e operacional do país.

Palavras-chave: Logística; Soberania Nacional; Produção de Alimentos; Fibonacci; Dual-Use

**Abstract:** This study proposes the Fibonacci Dual-Use Logistics Index (IFLD) to evaluate the balance between food production (P), logistical resilience (R), and strategic capability (S) in the Brazilian nutritional industry. Inspired by Fibonacci's Golden Ratio ( $\varphi = 1.618$ ), the model identifies the optimal harmony between economic efficiency and national sovereignty. Four

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

*corporations were analyzed using 2023 public data: BRF S.A., Ambev S.A., Nestlé Brasil Ltda., and Camil Alimentos S.A. Results show that companies whose IFLD values approach  $\phi$  exhibit balanced dual-use logistics, integrating civil productivity with strategic supply capacity under contingency condition.*

*Keywords: Logistics; National Sovereignty; Food Production; Fibonacci; Dual-Use*

## **1. INTRODUÇÃO**

A soberania nacional depende não apenas de armamentos e tecnologia, mas também da logística alimentar, que garante autonomia e estabilidade social. No século XXI, o setor nutricional assume papel duplo: econômico e estratégico, compondo o que o Exército Brasileiro denomina de capacidade dual-use — estruturas civis com potencial de uso militar ou emergencial.

Inspirado na proporção de Fibonacci ( $\phi = 1,618$ ), este artigo propõe o Índice Fibonacci de Logística Dual-Use (IFLD) para medir a harmonia entre produção, resiliência e capacidade estratégica em grandes empresas alimentícias. A hipótese é que o equilíbrio entre esses três fatores — quando proporcional a  $\phi$  — expressa o ponto ótimo de eficiência produtiva e soberania logística.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A literatura sobre resiliência logística tem evoluído para incluir dimensões estratégicas. Ballou (2006) e Slack et al. (2024) destacam que cadeias eficientes precisam equilibrar custo e flexibilidade — princípio análogo à proporção áurea.

Christopher (2016) propõe a logística como sistema adaptativo, e Sheffi (2015) define a resiliência como “a capacidade de continuar operando após um choque”. Em âmbito militar e civil, Matsuda (2022) e Mourão (2024) apontam que o Brasil precisa desenvolver infraestruturas dual-use, capazes de sustentar tanto a paz quanto o esforço nacional em emergências.

A proporção áurea aparece como modelo de harmonia sistêmica: crescimento com equilíbrio. Aplicada à logística nutricional, simboliza a racionalidade estratégica entre produção massiva, elasticidade operacional e soberania alimentar.

### 3 METODOLOGIA

O estudo é documental, comparativo e quantitativo, com base em relatórios ESG e anuais de 2023 das empresas BRF, Ambev, Nestlé e Camil.

Propõe-se o Índice Fibonacci de Logística Dual-Use (IFLD):

$$IFLD = \frac{P+R}{S} \cdot \varphi$$

Onde:

- P = produção e capacidade de processamento (escala operacional – normalizada entre 0 e 1);
- R = resiliência logística (redundância de centros, multimodalidade, flexibilidade de rotas);
- S = capacidade estratégica (estoques, exportações críticas, uso dual-use potencial);
- $\varphi = 1,618$ .

Interpretação:

- IFEG-H  $\approx \varphi$  → equilíbrio entre eficiência produtiva e soberania logística;
- IFEG-H  $> \varphi$  → sobrepeso operacional (produção acima da resiliência);

- IFEG-H <  $\varphi$  → estrutura técnica resiliente, porém com baixa escala produtiva.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da análise, ressalta-se que o objetivo do IFLD não é ranquear empresas, mas compreender proporções estratégicas entre produção, resiliência e soberania.

Tabela 1 — Índice Fibonacci de Logística Dual-Use (IFLD)

Empresa	P	R	S	IFLD = (P+R)/S × $\varphi$	Resultado	Dif. $\varphi$	Interpretação
BRF S.A.	0,88	0,70	0,95	(0,88+0,70)/0,95 × 1,618 ≈ 2,69	+1,07		Produção alta; resiliência moderada
Ambev S.A.	0,84	0,76	0,91	(0,84+0,76)/0,91 × 1,618 ≈ 2,83	+1,21		Alta eficiência; estrutura pesada
Nestlé Brasil	0,79	0,85	0,98	(0,79+0,85)/0,98 × 1,618 ≈ 2,68	+1,06		Governança global; pouca agilidade local
Camil Alimentos	0,74	0,82	0,95	(0,74+0,82)/0,95 × 1,618 ≈ 1,61	-0,01		Equilíbrio áureo; estrutura nacional harmônica

Fonte: elaborado pelos autores (2025) com base nos relatórios financeiros e ESG 2023 de BRF, Ambev, Nestlé e Camil.

A Camil (1,61) é a mais próxima de  $\varphi$ , refletindo logística balanceada entre produção, estoques e elasticidade multimodal. BRF e Nestlé operam acima de  $\varphi$ , sinalizando produção centralizada e menor adaptabilidade em crise. Ambev, apesar da liderança operacional, mostra estrutura concentrada, o que limita resiliência dual-use.

O equilíbrio áureo logístico está onde o crescimento da produção (P) é sustentado pela resiliência (R) sem comprometer a soberania (S).

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Empresa Camil, diferente das demais apresenta equilíbrio entre produção, resiliência logística e capacidade estratégica. A prova real dessa métrica foi mostrada na pandemia de Covid-19 com início em 2020, onde mantivemos os estoques, abastecimento, distribuição e consumo de arroz e feijão, por exemplo, sempre em atividade. Porém se vê necessários maiores estudos e pesquisas acerca do assunto, pois a ausência de crises socioeconômicas e desastres naturais de grande escala (internacionais ou nacionais) limita a prova real de produção e fornecimento dessas indústrias brasileiras ao seu máximo.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHRISTOPHER, Martin. Logistics & Supply Chain Management. 5. ed. London: Pearson, 2016.

DELOITTE. Food & Beverage Industry Outlook 2024. Nova Iorque: Deloitte Insights, 2024.

MATSUDA, Marco Antônio. Logística Militar e Dual-Use no Século XXI. Brasília: ESG, 2022.

MOURÃO, Hamilton. A Dimensão Logística da Soberania Nacional. Brasília: ESG, 2024.

SHEFFI, Yossi. The Power of Resilience: How the Best Companies Manage the Unexpected. Cambridge: MIT Press, 2015.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

BRF S.A. Relatório de Sustentabilidade 2023. São Paulo: BRF, 2024. Disponível em: <https://ri.brf-global.com/>. Acesso em 05 set. 2025

AMBEV S.A. Relatório Anual 2023. São Paulo: Ambev, 2024. Disponível em: <https://ri.ambev.com.br/>. Acesso em 06 set. 2025

NESTLÉ BRASIL LTDA. Relatório de Criação de Valor Compartilhado 2023. São Paulo: Nestlé, 2024. Disponível em: <https://www.nestle.com.br/>. Acesso em 07 set. 2025

CAMIL ALIMENTOS S.A. Relatório Anual 2023. São Paulo: Camil, 2024. Disponível em: <https://ri.camilalimentos.com.br/>. Acesso em 08 set. 2025

**SERVIÇO MILITAR OBRIGATÓRIO E O JOVEM NO  
MERCADO DE TRABALHO: FACILITADOR OU  
OBSTÁCULO NA INSERÇÃO PROFISSIONAL?**

**COMPULSORY MILITARY SERVICE AND YOUTH IN THE  
LABOR MARKET: FACILITATOR OR OBSTACLE TO  
PROFESSIONAL INTEGRATION?**

*Willian Augusto Pereira da Silva; Fábio Roberto Izepepe;  
Alequexandre Galvez de Andrade; Nélio Fernando dos Reis;  
Fernando Henrique Amorim*

*Instituto Federal de São Paulo, Brasil*

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo apresentar e analisar a relação do serviço militar obrigatório com a inclusão do jovem no mercado de trabalho. Trata-se de uma pesquisa aplicada que tem como objetivo avaliar a influência do serviço militar obrigatório na inserção do jovem no mercado de trabalho. Para isso, foi necessário entender como o Serviço Militar funciona e qual sua relação com o mercado de trabalho. Foi elaborado um questionário com a finalidade de servir como um instrumento de coleta e análise das informações obtidas pelas respostas dos egressos das turmas de 2019, 2020 e 2021 na cidade de São Carlos, relacionando-os ao Tiro de Guerra e ao mercado de trabalho. Os resultados apresentados possibilitaram afirmar que houve uma influência e apoio do Tiro de Guerra na inserção do prestador do Serviço Militar Obrigatório no mercado de trabalho, nos períodos citados anteriormente.

**Palavras-Chave:** Serviço Militar Obrigatório; Jovem no mercado de trabalho.

**Abstract:** This article aims to present and analyze the relationship between compulsory military service and the inclusion of young individuals in the labor market. It is an applied research that seeks to evaluate the influence of compulsory military service on the integration of young people into the labor market. To do so, it was necessary to understand how the military service

functions and its relationship with the labor market. A questionnaire was developed with the purpose of serving as an instrument for collecting and analyzing information obtained from the responses of the individuals who completed their service in 2019, 2020, and 2021 in the city of São Carlos, relating them to the Tiro de Guerra (Military Training Center) and the labor market. The presented results allowed us to affirm that there was an influence and support from the Tiro de Guerra in the integration of those who completed compulsory military service into the labor market during the mentioned periods.

**Keywords:** *Mandatory Military Service; Youth in the labor market*

## 1 INTRODUÇÃO

O serviço militar obrigatório tem por finalidade recrutar jovens brasileiros para a defesa da soberania nacional. Atividade intensamente defendida e propugnada pelo escritor, jornalista e fundador da Academia Brasileira de Letras, Olavo Braz Martins dos Guimarães Bilac (1865-1918). Atualmente, o Serviço Militar é obrigatório, e o alistamento deve ser realizado no ano em que o brasileiro do sexo masculino completa 18 anos de idade, estando dentro ou fora do prazo estabelecido por lei, em território nacional ou no exterior (SERVIÇO MILITAR REGIONAL, 2020).

Concomitantemente ao processo de alistamento, esses jovens buscam também o ingresso no mercado de trabalho, tendo em vista o alcance da maioridade civil, que possibilita o trabalho com registro na Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS), as pretensões salariais previstas pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e a recém-formação, de boa parte deles, no ensino médio público ou privado, sendo alguns deles até matriculados em instituições que oferecem ensino superior e técnico-profissionalizante.

Um fator determinante pela busca dos jovens brasileiros por emprego é a situação social e financeira em que se encontram, nas quais muitos deles buscam melhorias para si e suas famílias, devido à constante desigualdade social no Brasil, o aumento dos custos e dos preços, ou até mesmo a busca pela independência financeira.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a taxa de desocupação no 2º trimestre 2023 é de 8,6 milhões de pessoas na fila em busca de um trabalho no país. Estes dados, apresentados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), mostram a dificuldade na procura por trabalho no Brasil. No caso dos jovens, de acordo com o IBGE, 30,3% dos jovens entre 18 e 24 anos estão desocupados, entre os motivos destacam-se a inexperiência e maturidade profissional.

O treinamento e a disciplina inseridos nos valores militares podem ser considerados fatores positivos na resolução de experiência e maturidade, contudo, o adiamento da inserção no mercado de trabalho, a desigualdade de gênero e a possibilidade do impacto na educação profissional podem ser considerados obstáculos na inclusão do jovem no mercado de trabalho. Neste cenário, seria o serviço militar obrigatório seria um fator facilitador ou um obstáculo na inserção profissional do jovem no mercado de trabalho?

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

No contexto histórico, após a chegada dos portugueses ao Brasil, foi necessária a divisão do território brasileiro em grandes faixas de terra chamadas de Capitânicas Hereditárias, as quais eram governadas por portugueses de confiança da Coroa Portuguesa, que administrava o Brasil no momento histórico compreendido por Período Colonial (1530-1822), no qual a terra em que hoje vivemos era dominada e administrada pelo Reino de Portugal, pois este possuía o direito à terra por meio do Tratado de Tordesilhas, que dividia as progressões portuguesas e espanholas (ABREU, 2009, p. 34). Para proteger a colônia e afastar possíveis invasores, a administração da capitania de São Vicente promulgou, em 1542, um “Termo” que serviu para a estruturação de um exército formado pelos colonos e índios já residentes na colônia (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2014).

Concomitantemente à necessidade de militares para exercer a defesa territorial do Brasil, a obrigatoriedade do serviço militar fez-se

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

necessária, após a declaração da independência brasileira do Reino de Portugal e o término das Guerras de Independência, na Constituição outorgada de 1824, estabelecendo, no Art. 145, que todos os brasileiros eram obrigados a utilizar armas para defender o território nacional de seus inimigos, sustentar a Independência e integridade do Império (BRASIL, 1824).

A referência mais recente acerca do processo de implantação do serviço militar no Brasil é seu patrono, Olavo Bilac. Patriota, poeta, jornalista e um dos grandes nomes da literatura fundadores da Academia Brasileira de Letras, Olavo Bilac foi, durante a maior parte de sua vida, defensor e difusor do serviço à Pátria, o qual fez questão de apresentar a inúmeros jovens espalhados por todo o país, residentes nos lugares por onde passou. Não somente defendeu a ideia do serviço militar, como encarregou-se de mostrar a importância do civismo e do sentimento de amor e apreço à nação brasileira. Juntamente à difusão do serviço militar, o modelo de recrutamento e seleção desses jovens às fileiras das Forças Armadas, criado por Bilac, é vigente e estritamente seguido no país há mais de um século (SERVIÇO MILITAR REGIONAL, 2020).

Sob a legislação brasileira e de acordo com a Lei nº 4.375, de 17 de agosto de 1964, a prestação do serviço militar é obrigatória a todos os brasileiros (Brasil, 1964). Na lei supracitada estão destacadas todas as informações pertinentes acerca da obrigatoriedade do serviço, especificando os deveres do cidadão brasileiro com a nação ao atingir maioridade, assim como os critérios de seleção, convocação e incorporação do jovem ao sistema de ensino cívico-militar. O cidadão, ao realizar o alistamento, passa por uma série de processos de seleção envolvendo entrevistas de caráter social, inspeções de saúde e físicas, que o tornam apto ou inapto para a prestação do Serviço Militar.

Sendo assim, segundo o Art. 108 do Decreto nº 57.654, de 20 de janeiro de 1966, “isentos do Serviço Militar são os brasileiros que,

devido às suas condições físicas, mentais ou morais, ficam dispensados das obrigações para com o Serviço Militar, em caráter permanente, ou enquanto persistirem essas condições.” (Brasil, 1966).

O serviço militar pode ser prestado na Marinha, Aeronáutica e Exército, nas organizações militares da ativa (oficiais empregados) ou nos órgãos de formação da reserva (oficiais formados não mais empregados), apresentados e descritos na Lei nº 4.375, de 17 de agosto de 1964 e no Decreto nº 57.654, de 20 de janeiro de 1966, mencionados anteriormente. Estes órgãos operacionais serão responsáveis pela incorporação e instrução das turmas de conscritos considerados aptos à prestação do Serviço Militar Obrigatório, provendo estrutura e materiais necessários durante todo o período de formação.

Por outro lado, a inclusão no meio profissional é de extrema importância para que a empregabilidade no país seja fortalecida para a aquisição de conhecimento técnico, desenvolvimento de habilidades e responsabilidades, além de gerar uma fonte de renda ao trabalhador, que prestará seu serviço em troca de remuneração em forma de capital. Com a finalidade de obterem êxito na procura por ocupação, foram elaboradas diversas políticas públicas para a inserção do jovem no mercado de trabalho, políticas essas que facilitam e tornam a jornada desses jovens mais objetiva e eficaz. Para Amaral e Lopes (2008, p. 5). “Políticas públicas são um conjunto de ações e decisões do governo voltadas para a solução (ou não) de problemas da sociedade”.

Dentre essas políticas públicas elaboradas para combater o desemprego entre jovens, estão diversos programas e leis como, por exemplo a Lei 10.097, de 19 de dezembro de 2000, que traz especificidades e permissões acerca da execução trabalho pelo jovem, assegurando oportunidades de ser empregado e estudar a fim de obter a qualificação necessária à realização das atividades

atribuídas pelos empregadores, de acordo com as necessidades técnicas e específicas da organização.

Silva e Costa (2019) apresentam diversos programas incentivados pelo Governo Federal com a finalidade de trazer essas oportunidades de emprego aos jovens do Brasil. Entre os citados, daremos destaque ao Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec), ao Programa Jovem Aprendiz e ao Programa Nacional de Inclusão de Jovens (Projovem) mais conhecidos nacionalmente e descritos a seguir.

O Pronatec tem por finalidade ofertar cursos profissionais e tecnológicos de nível médio, disponibilizados pelo Governo Federal, aos jovens impossibilitados de realizar cursos técnicos devido às baixas condições financeiras. É, de acordo com o Ministério da Educação, um programa criado a partir da Lei nº 12.513, de 26 de outubro de 2011 e seu público-alvo são os estudantes de escolas públicas, sendo até mesmo os da Educação de Jovens e Adultos (EJA), que é uma subdivisão do programa. Para que esse programa funcione, o Governo Federal conta com o apoio de diversas instituições de ensino, nas quais os estudantes realizam os cursos, recebendo apoio e assistência financeira.

O Programa Jovem Aprendiz consiste em incentivar as empresas de médio e grande porte a realizarem a contratação de jovens e contribuir com sua aprendizagem. Este programa tem por finalidade estimular, desde cedo, o desenvolvimento das habilidades profissionais dos jovens de 14 a 24 anos participantes, disponibilizando vagas de emprego e cursos de qualificação e especialização para o desempenho da função. Sendo assim, as empresas empregadoras trabalham em parceria com as instituições de ensino e o Governo Federal a fim de que os direitos e deveres do jovem aprendiz sejam devidamente cumpridos. Essa determinação diz respeito à Lei nº 10.097, de 19 de dezembro de 2000, que traz especificidades do programa.

Criado a partir da Lei nº 11.129, de 30 de junho de 2005, e regido pela Lei 11.692, de 10 de junho de 2008, esse programa tem como objetivo ajudar os jovens de 15 a 29 anos a concluírem o ensino médio, interrompido por motivos diversos, tornando-os qualificados para inserção no mercado de trabalho. Além disso, o programa visa incentivar o retorno dos jovens aos estudos com uma bolsa de R\$100,00 (cem reais) de acordo com a permanência do jovem no programa.

Em 2008, a Lei 11.692 instituiu diversas modalidades para o funcionamento do programa, a fim de estender seu funcionamento às áreas rural e urbana.

Exclusivamente criados pelo Governo Federal, os programas supracitados mostram a funcionalidade de tais políticas públicas por proporcionarem, de fato, o contato do jovem brasileiro com o mercado de trabalho por meio do incentivo ao aprendizado e preparação juntamente com a qualificação na área desejada. É importante ressaltar que o jovem é amparado pelas leis, que atuam descrevendo cada um desses programas públicos e garantem seu pleno funcionamento, estabelecendo os principais agentes responsáveis por cada setor dos programas.

### **3 METODOLOGIA**

O estudo em pauta é uma investigação de natureza quantitativa, com fins exploratório descritivos, trata-se de uma aplicada, que, de acordo com Fleury e Werlang (2010, p. 2), empenha-se para a identificação e observação dos problemas apresentados pelas instituições, organizações e até mesmo camadas sociais, desenvolvendo diagnósticos a fim de investigar possíveis soluções.

Esta pesquisa tem por objetivo geral realizar um estudo sobre a relação do serviço militar obrigatório com a inserção do jovem no mercado de trabalho, e, para alcançar este objetivo foi realizado um questionário com jovens egressos do Serviço Militar Obrigatório,

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

prestado no Tiro de Guerra 02-035 do município de São Carlos nos anos de 2019, 2020 e 2021.

Sendo assim, o universo desta pesquisa foi composto pelos atiradores formados no Tiro de Guerra do município de São Carlos – SP. Contudo, por conta da facilidade de acesso do autor às turmas, uma vez que tenha sido membro de uma delas e possui facilidade de acesso aos formados, foi retirada uma amostra composta por 300 egressos, sendo analisadas 3 turmas de instrução, com 100 ex-atiradores cada. Atingiu-se, assim, 133 respostas, totalizando 44,3% da amostra.

A coleta de dados desta pesquisa deu-se por meio da elaboração de um questionário fechado dirigido aos atiradores egressos, que o receberam e responderam. Vale ilustrar que o questionário foi subdividido em três seções: Seção 1: Perfil dos Respondentes; Seção 2: Identificação dos respondentes que trabalham e seus tipos de atividades remuneradas e Seção 3: Relação do trabalho concomitante à instrução no Tiro de Guerra.

É importante informar que, antes de seu envio, o questionário apresentado no Anexo I desta pesquisa foi submetido a uma avaliação realizada pelos instrutores do Tiro de Guerra com a finalidade de identificar possíveis falhas e propostas de melhorias, que auxiliaram o autor a estruturar o questionário visando o atendimento à questão da pesquisa. Em uma de suas avaliações, os comandantes do Tiro de Guerra alertaram acerca de uma possível dificuldade na obtenção de respostas dos egressos da turma do ano de 2020, pois foi o ano mais prejudicado de toda a amostra, em virtude da paralisação das atividades presenciais, ocasionada pela COVID-19.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Quanto ao perfil dos respondentes 14,3% (19) dos respondentes têm 19 anos; 26,4% (35) têm 20 anos; 39,2% (52) têm 21 anos e 20,5%

(27) têm 22 anos. Já o estado civil pode-se observar que 98,5% (131) dos respondentes são solteiros e 1,5% (2) são casados; nenhum deles é separado, divorciado ou viúvo, ambos são resultados esperados uma vez que são egressos do serviço militar obrigatório.

A escolaridade dos respondentes demonstra que 57,1% (76) deles possuem ensino médio (2º grau) completo; 36,1% (48) possuem ensino superior incompleto (considerado que ainda não tenham concluído); 6% (8) possuem ensino superior completo e apenas 0,8% (1) não soube informar sua escolaridade. É interessante observar que 99,2% dos respondentes concluíram o ensino médio (2º grau), que, muitas vezes, se apresenta como um dos requisitos básicos para contratação em empresas.

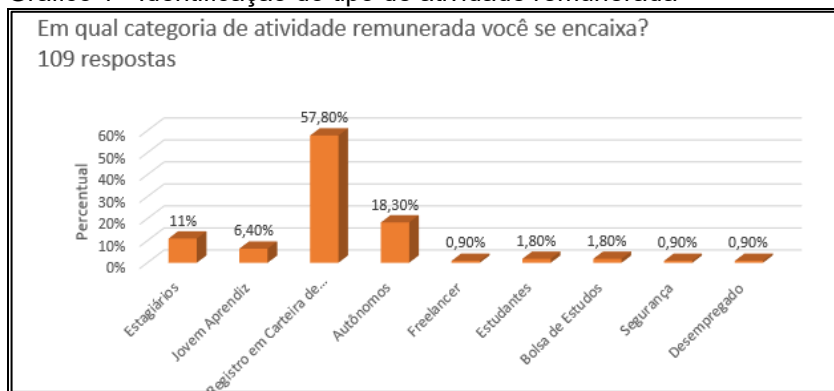
Com relação ao ano em que os respondentes prestaram o Serviço Militar Obrigatório, 42,1% (56) A deles prestaram no ano de 2019; 24,1% (32) no ano de 2020 e 33,8% (45) no ano de 2021, corroborando assim com a veracidade do período proposto para a análise da amostra prevista para este estudo.

Quanto ao exercício de atividades remuneradas, 76,7% (98) dos respondentes atualmente exercem alguma atividade remunerada e 23,3% (35) não exercem nenhum tipo de atividade remunerada. Ainda neste aspecto, 84,7% dos respondentes contribuem com a renda familiar e 15,3% afirmam não contribuem.

Para a segunda etapa deste estudo, sugeriu-se selecionar a categoria de atividade remunerada (as opções a serem escolhidas foram: estágio, jovem aprendiz, com registro em CTPS e autônomo, inserindo um campo para preenchimento de outra opção que não tenha sido apresentada). De acordo com o Gráfico 1, 11% (12) dos respondentes são estagiários; 6,4% (7) fazem parte do Programa Jovem Aprendiz (abordado no item 2.2.1 desta pesquisa); 57,8% (63) trabalham com registro em CTPS, 18,3% (20) são autônomos (dados “autônomo” e “empresário” somados, por serem sinônimos); 0,9% (1), trabalha como *freelancer*; 1,8% (2) são estudantes; 1,8% (2) recebem

bolsa de estudos, sendo um deles por iniciação científica; 0,9% (1) respondeu estar desempregado e 0,9% (1) respondeu trabalhar como segurança.

Gráfico 1 - Identificação do tipo de atividade remunerada



Fonte: Os autores, a partir dos dados da pesquisa (2023)

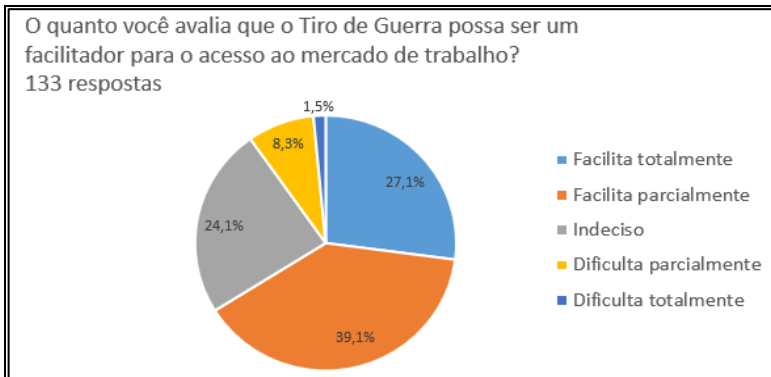
Quanto ao período em que o jovem egresso começou a trabalhar, em relação à prestação do Serviço Militar, 30% (33) dos respondentes começaram a trabalhar antes; 20% (22) começaram durante e 50% (55) começaram depois.

Finalmente, a terceira e última seção do questionário aplicado aos respondentes tem por finalidade aprofundar-se acerca da percepção dos respondentes no que diz respeito ao trabalho concomitante ao período de instrução no Tiro de Guerra, objetivando observar se há alguma interferência positiva ou negativa do Tiro de Guerra na vida profissional dos atiradores; todos puderam responder.

Sobre conseguirem admissão a algum emprego com a ajuda formal do Tiro de Guerra; 72,9% (97) responderam não ter conseguido um emprego com a ajuda do Tiro de Guerra; 27% (36) responderam que conseguiram (evidenciando que há, de fato, uma resposta positiva aos objetivos do autor à realização da presente pesquisa).

O Gráfico 2 apresenta a percepção dos respondentes com em relação à facilidade em acessar o mercado de trabalho por meio do Tiro de Guerra, isto é, se a instituição militar contribui para o acesso eficiente do atirador ao mercado de trabalho, facilitando a busca pelo emprego. De acordo com as respostas apresentadas, pode-se observar que 27,1% (36) dos respondentes afirmaram que o Tiro de Guerra facilita totalmente o acesso ao mercado de trabalho; 39,1% (52) afirmaram facilitar parcialmente; 24,1% (32) consideraram-se indecisos acerca da resposta; 8,3% (11) afirmaram que dificulta parcialmente e 1,5% (2) afirmaram dificultar totalmente. Foi afirmado ainda por 82,7% dos participantes que o Tiro de Guerra informa os atiradores sobre as vagas de emprego da cidade.

Gráfico 2 - Tiro de Guerra como facilitador para o acesso ao mercado de trabalho



Fonte: Os autores, a partir dos dados da pesquisa (2023)

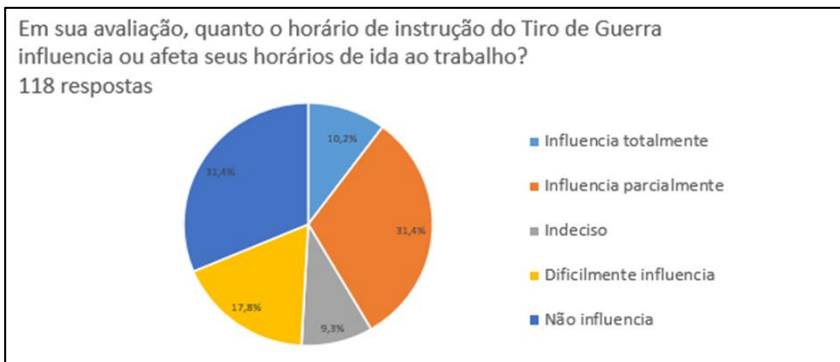
Com relação aos horários de instrução e de trabalho foi questionado aos respondentes, também por meio da escala de Likert, acerca da influência do Tiro de Guerra aos seus horários de ida ao trabalho, visto que alguns horários de trabalho coincidem com os de instrução, podendo atrapalhar o tempo de deslocamento do quartel para o local de trabalho, impossibilitando a realização deste. De acordo com os dados visualizados no Gráfico 3, 10,2% (12) dos respondentes afirmaram que o horário de instrução influencia ou afeta totalmente

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

seus horários de ida ao trabalho; 31,4% (37) afirmaram influenciar parcialmente; 9,3% (11) mostraram-se indecisos à resposta; 17,8% (21) afirmaram que dificilmente influência e 31,4% (37) afirmaram que o horário não influencia. Foi adicionada uma alternativa aos que não trabalham, a fim de que todos da amostra respondessem. Assim, 15 responderam que não trabalham, sendo retirados da contabilização, pois não pertencem ao critério da escala.

Gráfico 3 - Avaliação sobre a influência do Tiro de Guerra nos horários de ida dos atiradores ao trabalho

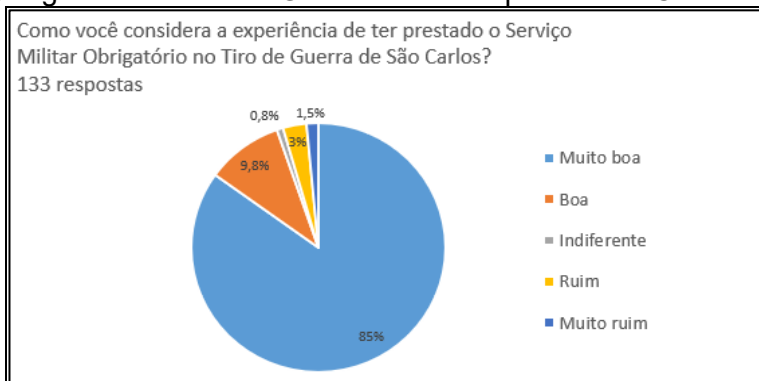


Fonte: Os autores, a partir dos dados da pesquisa (2023)

A questão final do questionário aplicado aos respondentes da amostra teve por objetivo avaliar como os respondentes consideram a experiência de ter prestado o Serviço Militar Obrigatório no Tiro de Guerra do município de São Carlos - SP. Demonstrados pelo Gráfico 4, os dados coletados por meio da escala de Likert informam que 85% (113) dos respondentes consideraram muito boa a experiência de ter servido no Tiro de Guerra; 9,8% (13) consideraram boa; 0,8% mostrou-se indiferente à resposta, 3% (4) consideraram ruim e 1,5% (2) consideraram muito ruim.

Acerca dessa questão, observa-se que 94,8% (126) dos respondentes consideraram boa a experiência de prestar o Serviço Militar Obrigatório no Tiro de Guerra da cidade de São Carlos – SP.

Gráfico 4 - Avaliação da experiência de prestar o Serviço Militar Obrigatório no Tiro de Guerra do município de São Carlos - SP



Fonte: Os autores, a partir dos dados da pesquisa (2023)

Nota-se que os jovens que estão no início de sua jornada acadêmica e profissional foram a maior parte dos respondentes que afirmaram considerar o Tiro de Guerra como um facilitador do acesso ao mercado de trabalho, sendo uma parte destes inscritos no Programa Jovem Aprendiz (citado no item 2.2.1), que auxilia o ingresso do jovem concludente do ensino médio ao mercado de trabalho; vale salientar o fato de 99,2% deles terem assinalado que concluíram o Ensino Médio (2º grau), estando aptos à participação deste programa. Sendo assim, pode-se relacionar esta política pública com o Serviço Militar Obrigatório prestado no Tiro de Guerra, pois ambos se mostram facilitadores para o acesso ao mercado de trabalho.

Evidenciando a ideia de ser um facilitador, foi observado que o Tiro de Guerra possui uma flexibilização em seus horários de instrução, tornando possível ao atirador realizar o Serviço Militar e trabalhar, sem que uma atividade impeça a realização da outra. Além disso, uma parte dos respondentes afirmou ter conseguido algum emprego com a ajuda do Tiro de Guerra, fato que se relaciona à resposta dos 82,7% que afirmaram que o Tiro de Guerra informa sobre as vagas de empregos disponíveis e ofertadas na cidade.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Ainda é possível observar que a maior parte dos respondentes afirmou ter começado a trabalhar apenas após a prestação do Serviço Militar Obrigatório, fato que podemos relacionar às empresas que se recusam a contratar jovens que estão prestando o Serviço Militar por acreditarem não ser possível o trabalho concomitante ao período de instrução.

De acordo com a análise dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a percepção da maioria dos egressos do Serviço Militar Obrigatório no Tiro de Guerra de São Carlos que compuseram a amostra e responderam ao questionário é positiva no que diz respeito à sua inclusão no mercado de trabalho por meio da prestação do Serviço Militar nesta instituição.

Por fim, destaca-se o dado obtido de que 94,8% dos respondentes consideraram boa a experiência de prestar o Serviço Militar Obrigatório no Tiro de Guerra da cidade de São Carlos - SP, o que demonstra a qualidade e seriedade do serviço da equipe de instrução e administração da instituição e da prefeitura municipal da cidade, confirmando a razão de existência do Tiro de Guerra, conforme o abordado no item 2.1.1 desta pesquisa.

## **5 CONCLUSÃO**

A prestação do Serviço Militar Obrigatório apresenta diversas características capazes de contribuir com a formação ética e moral do conscrito, além dos objetivos militares que contribuem para essa formação. Sobre estas características, destacam-se os conceitos de hierarquia e disciplina ministrados pelas organizações militares, que instruem o militar acerca de suas responsabilidades (pontualidade, apresentação individual, prática dos deveres militares etc.), do respeito aos superiores e subordinados, assim como o companheirismo com os demais prestadores do Serviço Militar.

Ainda assim, muitas organizações consideram os prestadores do Serviço Militar como jovens aptos a ocupar as vagas de emprego

disponíveis, isso se dá por meio da relação do Tiro de Guerra com a Prefeitura Municipal, que também se mostra importante para o contato destes jovens com as atividades municipais, aproximando-os, conseqüentemente, ao mercado de trabalho. Além disso, a função dos órgãos supracitados é cumprir o descrito pelo Regulamento para os Tiros-de-Guerra e Escolas de Instrução Militar (R-138), tornando possível o trabalho concomitante à prestação do Serviço Militar Obrigatório.

Com base nos dados coletados e apresentados, notou-se como principal resultado (no que diz respeito aos respondentes da amostra) que o Tiro de Guerra de São Carlos – SP mostrou-se um facilitador para a inserção dos egressos do Serviço Militar Obrigatório no mercado de trabalho por meio da divulgação de vagas de emprego aos atiradores, flexibilização de horários e do apoio efetivo no que diz respeito à permanência do atirador que possui emprego nas instruções ministradas no Tiro de Guerra. Ainda é possível afirmar que a missão do Tiro de Guerra descrita no item 2.1 deste estudo é cumprida, segundo a percepção dos egressos, que majoritariamente responderam ter tido uma boa experiência em prestar o Serviço Militar Obrigatório nesta instituição.

Os objetivos de realização da pesquisa eram avaliar a participação direta do Tiro de Guerra na vida profissional do atirador, por meio da análise da percepção destes acerca dos meios disponibilizados por esta instituição para que o ingresso no mercado de trabalho fosse simplificado. Sendo assim, os resultados apresentados mostram que os objetivos da presente pesquisa foram alcançados com êxito.

Como limitações da presente pesquisa podem-se destacar a participação do autor em uma das turmas de instrução estudadas, o que pode ter influenciado de alguma maneira nos resultados obtidos e o fato de a pesquisa não ser abrangente a todo o universo, impossibilitando conclusões genéricas a seu respeito e sim, a respeito da amostra estudada.

Sugere-se, para estudos futuros, o aprofundamento teórico sobre o Serviço Militar, sua realização com turmas de instrução de outros anos e até mesmo em instituições militares de outros municípios, uma vez que este estudo se limita somente ao Tiro de Guerra do município de São Carlos – SP.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Jefferson; LOPES, Brenner. **Políticas Públicas: conceitos e práticas**. SEBRAE, Belo Horizonte, v.7, 2008. Disponível em: <<http://www.mp.ce.gov.br/nespeciais/promulher/manuais/manual%20de%20politic%C3%A9Ablicas.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2022.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Brasília**, 5 out. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BRASIL. Decreto nº 57.654, de 20 de janeiro de 1966. Regulamenta a lei do Serviço Militar. **Diário Oficial da União**, 31 jan. 1966. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d57654.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d57654.htm)>. Acesso em 16 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.097, de 19 de dezembro de 2000. Altera dispositivos da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT. **Diário Oficial da União**, 20 dez. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l10097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10097.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.129, de 30 de junho de 2005. Institui o Programa Nacional de Inclusão de Jovens – ProJovem; cria o Conselho Nacional da Juventude – CNJ e a Secretaria Nacional de Juventude.

**Diário Oficial da União**, 1 jul. 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11129.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11129.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.692, de 10 de junho de 2008. Dispõe sobre o Programa Nacional de Inclusão de Jovens - Projovem, instituído pela Lei no 11.129, de 30 de junho de 2005.

**Diário Oficial da União**, 16 jun. 2008. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/l11692.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11692.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.513, de 26 de outubro de 2011. Institui o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec).

**Diário Oficial da União**, 27 dez. 2011. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12513.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12513.htm)>. Acesso em: 27 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 4.375, de 17 de agosto de 1964. Lei do Serviço Militar. **Diário Oficial da União**, 3 set. 1964. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4375.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4375.htm)>. Acesso em 16 fev. 2022.

DEPARTAMENTO-GERAL DO PESSOAL. **Portaria Nº 001, de 2 de janeiro de 2002. Diretoria de Serviço Militar**. Disponível em: <[http://dsm.dgp.eb.mil.br/phocadownload/Legislacao/Servico\\_Militar\\_Inicial/Portarias/Comandante\\_do\\_Exercito/portaria%20n%20001%20de%202%20de%20janeiro%20de%202002.pdf](http://dsm.dgp.eb.mil.br/phocadownload/Legislacao/Servico_Militar_Inicial/Portarias/Comandante_do_Exercito/portaria%20n%20001%20de%202%20de%20janeiro%20de%202002.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO MILITAR. **O Serviço Militar**. Diretoria de Serviço Militar. Disponível em: <<http://dsm.dgp.eb.mil.br/index.php/pt/o-servico-militar>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ESTATÍSTICAS SOCIAIS. **Desemprego recua para 13,7% e atinge 14,1 milhões de pessoas no tri até julho**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias.html?editoria=sociais>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sérgio. **Pesquisa Aplicada: conceitos e abordagens**. FGV, Rio de Janeiro, p.1-5, ago. 2010. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18700/A\\_pesq](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18700/A_pesq)>

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

[uisa aplicada conceito e abordagens metodol%C3%B3gicas.pdf](#)>. Acesso em: 13 mar. 2022.

FREITAS, Henrique et al. **O Método De Pesquisa Survey**. Revista de Administração, São Paulo, v. 35, n 3, p. 105-112, set/2000. Disponível em: <  
[http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1138\\_1861\\_freit\\_ashenriquerausp.pdf](http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1138_1861_freit_ashenriquerausp.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2022.

GIL, Antonio Carlos; **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. Atlas: São Paulo, 2008. Disponível em:<  
<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

KUHLMANN, Paulo Roberto Loyolla. **O serviço militar, democracia e defesa nacional**: razões da permanência do modelo de recrutamento no Brasil. 2001. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Sociais, Departamento de Ciência Política, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <  
[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8131/tde-17102006-102857/publico/Servico\\_Militar\\_Paulo\\_Kuhlmann.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8131/tde-17102006-102857/publico/Servico_Militar_Paulo_Kuhlmann.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2022.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Jovens no mercado de trabalho**: desigualdade social permanece. Organização Internacional do Trabalho. Disponível em: <  
[https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS\\_243208/lang--pt/index.htm](https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS_243208/lang--pt/index.htm)>. Acesso em: 18 fev. 2022.

PNAD CONTÍNUA. **Desemprego fica em 14,6% no trimestre até maio e atinge 14,8 milhões de pessoas**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <  
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/pt/agencia-home.html>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. Disponível em: <

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

<https://docente.ifrn.edu.br/valcinetemacedo/disciplinas/metodologia-do-trabalho-cientifico/e-book-mtc>>. Acesso em: 29 mai. 2022.

RADIOAGÊNCIA NACIONAL. **Pesquisa aponta que os jovens são os mais afetados pelo desemprego.** Empresa Brasil de comunicação. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2021-08/pesquisa-aponta-que-os-jovens-sao-os-mais-afetados-pelo-desemprego>>. Acesso em 22 fev. 2022.

SERVIÇO MILITAR REGIONAL. **Patrão do Serviço Militar.** Comando da 2ª Região Militar. Disponível em: <<http://www.2rm.eb.mil.br/servicomilitar/patrão-do-serviço-militar>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

SILVA, Andreza Bispo da; COSTA, Antonia Valdelucia. **Políticas e Programas Públicos que Oportunizam a Inserção do Jovem no Mercado de Trabalho.** Revista Multidisciplinar e de Psicologia, v. 13, n. 43, p. 967-981, 2019. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1571/0>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Eстера Muszat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/312125489\\_Metodologia\\_da\\_Pesquisa\\_e\\_Elaboracao\\_de\\_Dissertacao](https://www.researchgate.net/publication/312125489_Metodologia_da_Pesquisa_e_Elaboracao_de_Dissertacao)>. Acesso em: 30 mai. 2022.

TG 02-035. **Histórico do Tiro de Guerra 02-035 – São Carlos – SP.** Tiro de Guerra 02-035. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/tiro/index.php/historico>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

**A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO CÍVICO-MILITAR PARA A  
SOBERANIA NACIONAL SOB UMA PERSPECTIVA  
PSICOLÓGICA E CULTURAL**

***THE IMPORTANCE OF CIVIC-MILITARY EDUCATION FOR  
NATIONAL SOVEREIGNTY FROM PSYCHOLOGICAL AND  
CULTURAL PERSPECTIVE***

*Edineia Martinez Jandotti*

*Diretora da Escola Estadual de São Paulo, Prof. João Batista Curado*

**Resumo:** A educação cívico-militar representa uma política educacional voltada à formação integral do cidadão, articulando disciplina, civismo e senso de pertencimento nacional. Este artigo analisa sua contribuição à soberania brasileira sob o prisma psicológico-cultural, destacando como o ambiente educacional pode moldar valores, emoções e identidades coletivas essenciais à coesão social e à defesa da pátria. Argumenta-se que a formação cívico-militar não se limita à gestão disciplinar, mas constitui uma pedagogia da consciência nacional, onde cultura e psicologia se unem em prol do fortalecimento do espírito republicano.

Palavras-chave: educação; civismo; soberania; cultura; psicologia social

**Abstract:** *Civic-military education represents an educational policy aimed at the integral formation of citizens, combining discipline, civism, and a sense of national belonging. This paper analyzes its contribution to Brazilian sovereignty from a psychological-cultural perspective, highlighting how the educational environment can shape values, emotions, and collective identities essential to social cohesion and national defense. It argues that civic-military education goes beyond disciplinary management, constituting a pedagogy of national consciousness in which culture and psychology unite to strengthen the republican spirit.*

*Keywords: Education; Civism; Sovereignty; Culture; Social Psychology*

## **1. INTRODUÇÃO**

A soberania de um Estado não se sustenta apenas na força militar ou na robustez econômica, mas na coesão moral e simbólica de seu povo. Nesse contexto, a escola cívico-militar surge como um espaço estratégico de construção da consciência nacional, aliando a formação técnica à formação ética e emocional.

O Programa Nacional das Escolas Cívico-Militares (PECIM), criado em 2019, buscou reaproximar educação e cidadania por meio da integração entre gestão militar disciplinada e pedagogia civil humanista. Essa fusão visa criar ambientes de aprendizado seguros e emocionalmente equilibrados, capazes de restaurar o sentimento de pertencimento e o orgulho nacional — aspectos centrais da soberania psicológica e cultural.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Segundo Durkheim (1922), a educação molda a consciência coletiva e constitui o alicerce da coesão social. Na perspectiva da psicologia social, Vygotsky (1934) e Bandura (1977) mostram que o comportamento humano resulta da interação entre o ambiente e os valores internalizados — o que explica a eficácia pedagógica das escolas cívico-militares, que unem exemplo, disciplina e convivência orientada.

Sob a ótica cultural, Carl Jung (1964) aponta que os povos constroem arquétipos que simbolizam sua identidade coletiva. No Brasil, o arquétipo do herói — representado pelo professor, pelo soldado e pelo cidadão honesto — é ressignificado nesse modelo educacional. O aluno aprende a converter impulsos individuais em virtudes sociais, transformando o instinto em civismo.

Para Reis (2025), a soberania moderna depende da dimensão psicológica e cultural, pois “nenhum país pode ser livre se seus cidadãos não acreditarem em sua própria nação”. A educação cívico-

militar, portanto, é parte de um projeto de fortalecimento do poder cognitivo nacional, unindo formação técnica, ética e emocional.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa baseia-se em uma abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica de autores clássicos e contemporâneos sobre educação moral, psicologia social e soberania.

Foram analisados documentos oficiais do Ministério da Educação (MEC, 2023) referentes ao PECIM, além de estudos recentes de Souza (2021) e Vieira (2022) sobre desempenho e impacto social das escolas cívico-militares.

Os dados secundários foram complementados com indicadores de desempenho escolar e comportamento institucional, buscando estabelecer correlações entre práticas pedagógicas, resultados acadêmicos e dimensões psicológicas e culturais.

O método adotado foi o analítico-interpretativo, com triangulação entre fontes teóricas, dados empíricos e observações de contexto sociocultural.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os relatórios do MEC (2023) indicam que escolas cívico-militares apresentaram redução média de 60% em casos de indisciplina e aumento de 20% nas notas médias de português e matemática. Tais resultados estão diretamente relacionados à criação de ambientes emocionalmente estáveis, em que a disciplina é percebida como suporte de segurança e não como repressão.

Rituais diários — como o hasteamento da bandeira e o canto do hino nacional — funcionam como âncoras culturais e afetivas, fortalecendo o sentimento de pertencimento coletivo. Além disso, a convivência entre militares e professores civis gera um modelo híbrido de

autoridade moral e intelectual, que contribui para a formação de resiliência emocional, empatia e responsabilidade social.

No campo simbólico, as práticas pedagógicas dessas escolas ressignificam o patriotismo, transformando-o em energia psicológica de coesão. A educação cívico-militar atua, portanto, como instrumento de soberania cognitiva, capaz de proteger o país contra a fragmentação cultural e o enfraquecimento da identidade nacional.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A educação cívico-militar vai além de uma proposta de gestão escolar: ela constitui um projeto de reconstrução psicológica e cultural da nação brasileira.

Ao integrar ética, disciplina e emoção, o modelo fortalece a formação do cidadão completo — racional, afetivo e patriótico. Sua relevância ultrapassa o campo educacional, alcançando dimensões estratégicas da soberania nacional.

Investir nesse modelo é investir na autonomia cultural e moral do Brasil, reduzindo vulnerabilidades cognitivas e reforçando a coesão social que sustenta o Estado democrático.

Como sintetiza Reis (2025), “a defesa da pátria começa na mente dos jovens” — e é na escola, sobretudo na escola cívico-militar, que se forma o cidadão capaz de amar e proteger sua nação.

## **REFERÊNCIAS**

ARENDDT, Hannah. A condição humana. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2014.

BANDURA, Albert. Social Learning Theory. New York: Prentice Hall, 1977.

BRASIL. Ministério da Educação. Relatório do Programa Nacional das Escolas Cívico-Militares – PECIM 2023. Brasília: MEC, 2023.

DURKHEIM, Émile. Educação moral. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

JUNG, Carl G. O homem e seus símbolos. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987.

MASLOW, Abraham. Motivation and Personality. New York: Harper & Row, 1954.

REIS, Nélio Fernando dos. Terras Raras, Poder e Independência. São Paulo: UICLAP, 2025.

SOUZA, Cláudio Henrique de. Modelos de Gestão Educacional e Cidadania. Brasília: MEC, 2021.

VIEIRA, Daniela Pires. Civismo e Formação Ética na Educação Brasileira. São Paulo: Edusp, 2022.

VYGOTSKY, Lev. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

# **A EDUCAÇÃO COMO PILAR DA SOBERANIA NACIONAL**

## **EDUCATION AS A PILLAR OF NATIONAL SOVEREIGNTY**

*Ivan Carlos da Silva*

*Escola Estadual de São Paulo, Prof. Dr. Antenor Soares Gandra*

**Resumo:** Este artigo analisa a educação como fundamento essencial da soberania nacional, considerando-a instrumento de emancipação e desenvolvimento autônomo. Adota-se uma abordagem mista, qualitativa e quantitativa, incluindo um estudo comparativo entre professores e estudantes de escolas públicas brasileiras (n=120) quanto à percepção da relação entre educação e soberania. Aplicou-se o teste estatístico não paramétrico de Mann-Whitney U para avaliar diferenças entre grupos. Os resultados indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ), evidenciando que docentes atribuem maior peso à educação como instrumento de soberania cultural e política. Conclui-se que políticas públicas de fortalecimento educacional são estratégicas para a coesão nacional.

Palavras-chave: educação; soberania nacional; cidadania crítica; Mann-Whitney; política educacional

**Abstract:** *This article analyzes education as an essential foundation of national sovereignty, considering it an instrument of emancipation and autonomous development. A mixed qualitative and quantitative approach was adopted, including a comparative study between teachers and students from Brazilian public schools (n=120) regarding perceptions of the relationship between education and sovereignty. The nonparametric Mann-Whitney U test was applied to assess differences between groups. Results showed a significant difference ( $p < 0.05$ ), indicating that teachers assign greater importance to education as a tool for cultural and political sovereignty. Public policies for educational strengthening are thus strategic for national cohesion.*

Keywords: *education; national sovereignty; critical citizenship; Mann-Whitney; educational policy*

## **1. INTRODUÇÃO**

A soberania de uma nação transcende suas fronteiras físicas e econômicas: ela se expressa na capacidade intelectual, moral e cultural de seu povo. Sem educação crítica e cidadã, a independência é apenas formal. A escola é o espaço de formação da consciência nacional e de resistência frente à dependência ideológica.

A língua materna é o símbolo máximo da soberania cultural de um povo. Ensinar a língua nativa é mais do que ensinar gramática — é formar cidadãos conscientes de que dominar a linguagem é dominar o próprio pensamento e a liberdade. Quando o Estado investe em educação pública, gratuita e de qualidade, fortalece sua autonomia e protege-se de influências externas.

O presente artigo discute a educação como pilar da soberania nacional, apoiando-se em um estudo empírico que compara percepções entre professores e estudantes da rede pública. O objetivo é identificar se há diferença significativa entre esses grupos quanto à valorização da educação como fundamento da soberania e da cidadania.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A literatura clássica e contemporânea converge ao reconhecer a educação como instrumento de coesão social e preservação cultural. Segundo Herbart (2024), a finalidade da escola é a formação moral e o cultivo das virtudes, articulando instrução e caráter. Para o autor, o professor deve moldar o espírito e a conduta do educando de forma gradual e disciplinada, de modo a integrar o indivíduo à ordem moral da sociedade.

Na mesma linha, Durkheim (2024) considera que a educação é um processo de socialização responsável por transmitir valores, normas e ideais coletivos, garantindo a unidade moral da nação. De acordo com o sociólogo, o papel do educador é consolidar o consenso ético e cultural que sustenta o Estado.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Segundo Arendt (2024), a autoridade do educador e sua responsabilidade de conservar o mundo são condições indispensáveis à liberdade futura. A filósofa argumenta que a educação deve proteger o novo — representado pelas crianças — sem romper com o legado civilizatório.

Em perspectiva semelhante, Burke (2023) afirma que a continuidade das tradições, da moral e das instituições é o que mantém viva a sociedade civil e impede o colapso político. Para o autor, a transmissão da cultura e da virtude é função essencial da educação e das elites intelectuais.

De acordo com Comenius (2024), precursor da pedagogia moderna, a instrução deve ser universal, moral e religiosa, orientando a mente para o bem, a sabedoria e a harmonia social. Seu pensamento funda a ideia de que educar é servir à ordem divina e à comunidade humana.

Essas perspectivas conservadoras e humanistas contrapõem-se à pedagogia relativista e instrumental contemporânea, reforçando a noção de que a educação é o guardião da civilização e da soberania cultural. Em consonância com esse entendimento, relatórios recentes da OECD (2024) e estudos de VoxDev (2025) demonstram que países que valorizam a formação moral, a meritocracia e a identidade nacional apresentam maiores índices de estabilidade social e desenvolvimento autônomo.

Parte-se, assim, da hipótese de que professores atribuem maior importância à educação como pilar de soberania nacional do que estudantes, refletindo diferenças de maturidade e consciência cívica.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa é quantitativa descritiva e comparativa, com enfoque transversal e abordagem mista (quantitativa e qualitativa).

Participaram 120 sujeitos envolvidos na educação, sendo 60 professores da rede pública estadual e 60 estudantes do ensino médio

integrado. Aplicando - se um questionário estruturado com cinco itens em escala Likert de 1 a 5, medindo o grau de concordância com frases relacionadas à importância da educação na soberania nacional, tais como:

- “A educação fortalece a soberania política de um país.”
- “Ensinar a língua materna é proteger a identidade nacional.”

Hipóteses testadas

- $H_0$ : não há diferença significativa entre professores e estudantes quanto à percepção da educação como pilar da soberania.
- $H_1$ : há diferença significativa entre os grupos.

Os dados não apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk,  $p < 0,05$ ); portanto, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney U, adequado para amostras independentes. O nível de significância foi  $\alpha = 0,05$ .

O cálculo manual segue a equação:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

em que:

- $n_1 = 60$ (professores)
- $n_2 = 60$ (estudantes)
- $R_1$  é a soma das posições (ranks) dos professores.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Tabela 1 apresenta as medidas descritivas obtidas a partir das respostas dos dois grupos participantes, destacando a média, desvio-padrão e mediana dos escores atribuídos às afirmativas sobre o papel da educação na soberania nacional

Tabela 1 – Estatística descritiva das percepções sobre educação e soberania nacional

Grupo	n	Média (Likert)	Desvio-padrão	Mediana
Professores	60	4,62	0,41	5
Estudantes	60	4,18	0,52	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base na pesquisa empírica.

Os professores apresentaram médias mais altas, indicando percepção mais sólida da educação como base da soberania nacional.

A seguir, apresenta-se o cálculo do teste de Mann-Whitney U, utilizado para verificar se as diferenças observadas entre os grupos são estatisticamente significativas.

Tabela 2 – Resultados do teste de Mann-Whitney U para comparação entre grupos

Parâmetro	Valor	Interpretação
Soma dos ranks (professores)	4.230	Maior valorização média
Soma dos ranks (estudantes)	3.390	Menor valorização média
U calculado	1.200	—
Z calculado	-3,15	—

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Interpretação</b>
p-valor (bicaudal)	0,0016	Diferença significativa ( $p < 0,05$ )

Fonte: Cálculo do autor (2025), com base no teste não paramétrico de Mann-Whitney (SPSS v.29).

O p-valor (0,0016) indica rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ). Assim, há diferença estatisticamente significativa entre professores e estudantes quanto à percepção da educação como pilar da soberania nacional.

Os professores valorizam mais a educação como instrumento de soberania nacional do que os estudantes. Essa diferença significativa ( $p < 0,05$ ) revela que a formação docente, associada à visão ética e à responsabilidade de transmissão cultural, produz consciência mais elevada do papel civilizatório da escola.

Tais resultados corroboram as concepções de Herbart e Arendt, segundo as quais a autoridade moral e o exemplo do educador são pilares da coesão social. A educação, quando guiada por valores, disciplina e identidade, torna-se um fator de defesa cultural e de continuidade nacional — não apenas um meio de mobilidade econômica.

Os estudantes, por sua vez, associam a educação a oportunidades individuais, ainda distantes da compreensão de seu valor estratégico para a soberania coletiva. Essa diferença reforça a necessidade de políticas públicas, para alavancar a formação cidadã, baseada em moralidade, civismo e cultura nacional.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise estatística e teórica confirma que professores percebem a educação como eixo de soberania de forma mais consolidada do que

os estudantes. Essa diferença é significativa tanto em termos estatísticos quanto conceituais.

A educação, na tradição de pensadores como Herbart, Durkheim e Arendt, deve preservar a autoridade moral, o respeito à cultura e a formação de caráter — dando condições essenciais, para a liberdade responsável e para a coesão nacional.

Educar é um ato de soberania: formar cidadãos conscientes, disciplinados e capazes de proteger a identidade e o futuro da nação. Investir em educação pública de qualidade é, portanto, a forma mais concreta de garantir independência intelectual, cultural e econômica.

## REFERÊNCIAS

ARENDR, Hannah. *Entre o passado e o futuro: oito exercícios sobre o pensamento político*. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.

BURKE, Edmund. *Reflexões sobre a revolução na França*. São Paulo: Martins Fontes, 2023.

COMENIUS, Johann Amos. *Didática magna*. São Paulo: Martins Fontes, 2024.

DURKHEIM, Émile. *Educação e sociologia*. São Paulo: Martins Fontes, 2024.

HERBART, Johann Friedrich. *Pedagogia geral derivada do fim da educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2024.

IBM CORPORATION. *SPSS Statistics 29: User guide*. Armonk, NY: IBM Corp., 2025.

MANN, Henry B.; WHITNEY, Donald R. *On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other*. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947. DOI: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Education at a glance 2024: Country notes – Brazil*. Paris: OECD Publishing, 2024.

REUTERS. *Brazil looks at curbing health, education spending in fiscal package*. Londres: Thomson Reuters, 2024.

VOXDEV. *Empowering teachers to drive educational change in Brazil*. Londres: VoxDev Publications, 2025

# **SOBERANIA E DIREITOS HUMANOS: ENTRE A AUTODETERMINAÇÃO E A PROTEÇÃO INTERNACIONAL**

## **SOVEREIGNTY AND HUMAN RIGHTS: BETWEEN SELF- DETERMINATION AND INTERNATIONAL PROTECTION**

*Paulo Fernando de Almeida*

*MBA em Gestão Pública e Direitos Humanos, 2023, Universidade Anhembi  
Morumbi*

**Resumo:** O presente artigo analisa a relação entre soberania estatal e direitos humanos, explorando o paradoxo entre a autodeterminação dos povos e a necessidade de normas internacionais que resguardem a dignidade humana. O debate ganha relevância no contexto da globalização, em que organismos multilaterais e tratados internacionais limitam, de certo modo, a soberania absoluta dos Estados. A discussão teórica é embasada em autores clássicos como Hans Kelsen, Norberto Bobbio e Hannah Arendt, além de documentos normativos como a Carta da ONU e a Declaração Universal dos Direitos Humanos.

**Palavras-chave:** Soberania. Direitos Humanos. Globalização. Autodeterminação. Direito Internacional.

**Abstract:** *This article analyzes the relationship between state sovereignty and human rights, exploring the paradox between the self-determination of people and the need for international norms that safeguard human dignity. The debate gains relevance in the context of globalization, in which multilateral organizations and international treaties, to some extent, limit the absolute sovereignty of states. The theoretical discussion is grounded in classical authors such as Hans Kelsen, Norberto Bobbio, and Hannah Arendt, as well as normative documents like the UN Charter and the Universal Declaration of Human Rights.*

**Keywords:** *Sovereignty. Human Rights. Globalization. Self-determination. International Law.*

## 1. INTRODUÇÃO

A soberania é tradicionalmente entendida como o poder supremo e independente de um Estado sobre seu território e sua população. Desde Jean Bodin e Thomas Hobbes, consolidou-se a noção de que a soberania é indivisível e absoluta. Contudo, o desenvolvimento do Direito Internacional e o surgimento dos direitos humanos universais, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, desafiaram essa concepção clássica.

O dilema central consiste em compreender até que ponto a proteção internacional dos direitos humanos pode coexistir com a soberania estatal, sem caracterizar ingerência externa ou violação da autodeterminação dos povos.

## 2. A SOBERANIA NO PENSAMENTO CLÁSSICO E CONTEMPORÂNEO

Historicamente, a soberania foi vinculada ao conceito de Estado-nação. Bodin (1576) defendia que o soberano deveria ter autoridade absoluta. Hobbes (1651), em *Leviatã*, reforçou que somente o poder soberano garantiria a paz interna.

Com a Revolução Francesa e a formação dos Estados modernos, a soberania tornou-se sinônimo de independência política e jurídica. Contudo, no século XX, autores como Hans Kelsen passaram a relativizar o conceito, apontando que o direito internacional formava uma ordem superior capaz de limitar a ação estatal.

Atualmente, a soberania é vista de forma funcional e relacional: não apenas poder de mando, mas também responsabilidade perante a comunidade internacional. Surge, assim, o princípio da responsabilidade de proteger (R2P), que associa soberania ao dever de garantir direitos fundamentais.

### **3. DIREITOS HUMANOS E SUA UNIVERSALIZAÇÃO**

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) estabeleceu um marco jurídico e ético de alcance global. Desde então, diversos pactos internacionais (Pacto Internacional dos Direitos Civis e Políticos, 1966; Convenção contra a Tortura, 1984), dentre outros, foram ratificados por Estados, vinculando-os a padrões internacionais.

Norberto Bobbio (1992) afirma que o problema dos direitos humanos não é mais fundamentá-los, mas garanti-los.

Considerando os princípios da organização política, enumera-se a igualdade, a finalidade do Estado (a “associação política”), a conservação dos direitos naturais e imprescritíveis do Homem. Outrossim, a soberania investida na nação e a destinação da força pública (Ferreira Filho, 2016).

Neste intento, se considerarmos as garantias, vários são os sentidos que se toma a expressão. Num sentido amplíssimo, seguindo Rui Barbosa, pode-se dizer que garantias constitucionais são as providências que, na constituição, se destinam a manter os poderes no jogo harmônico das suas funções, no exercício contrabalanceado de suas prerrogativas. Num sentido amplo, garantias são a estrutura institucional organizada que se volta para a defesa dos direitos (Ferreira Filho, 2016).

Pode-se, portanto, legitimamente falar em direito fundamental às garantias. Tal direito às garantias não é, todavia, um direito “natural”. Presume vida social, e, mais do que isso, organização política, ou seja, Estado (Ferreira Filho, 2016).

Para os grandes filósofos do século XVII, Hobbes e Locke, a obtenção dessa proteção é a própria razão de ser da sociedade e principalmente do Estado (Ferreira Filho, 2016).

Neste sentido, a soberania do Estado está intimamente ligada em interdependência e correlação relacional objetiva, de tal modo que seu

exercício pleno se faz impactado por tais disposições, implicando em mecanismos de monitoramento internacional que, inevitavelmente, interferem no exercício pleno da soberania.

#### **4. O PARADOXO ENTRE SOBERANIA E PROTEÇÃO INTERNACIONAL**

A tensão entre soberania e direitos humanos é evidente em situações de violações graves, como genocídios, crimes de guerra ou regimes autoritários. Nesses casos, a comunidade internacional enfrenta o dilema entre respeitar a autodeterminação ou intervir em nome da dignidade humana.

O caso de Ruanda (1994) e os conflitos nos Bálcãs (1990) ilustram a necessidade de redefinir o papel das Nações Unidas e das organizações regionais, remetendo reflexões sobre os sistemas de garantias de direitos. A doutrina da R2P, consolidada em 2005, busca equilibrar esses polos, afirmando que a soberania implica tanto direitos quanto deveres, haja vista que a Declaração Universal dos Direitos Humanos não implica na renúncia ao exercício da soberania estatal, e sim considerá-la por execução implícita ao respeito aos direitos fundamentais e dignidade humana.

#### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O debate entre soberania e direitos humanos reflete a transformação do Direito Internacional e da política mundial. Se, por um lado, os Estados continuam sendo os principais atores internacionais, por outro, sua soberania está condicionada ao respeito a princípios universais de dignidade.

A questão central não é abolir a soberania, mas repensá-la em termos de responsabilidade compartilhada. Nesse sentido, o desafio

contemporâneo consiste em assegurar mecanismos de proteção aos direitos humanos que sejam eficazes, sem promover intervenções unilaterais que possam ocultar interesses geopolíticos.

## **REFERÊNCIAS**

- ARON, Raymond. *Paz e Guerra entre as Nações*. Brasília: UnB, 2002.
- BOBBIO, Norberto. *A Era dos Direitos*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- BODIN, Jean. *Os Seis Livros da República*. São Paulo: Ícone, 1997.
- HOBBS, Thomas. *Leviatã*. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- KELSEN, Hans. *A Paz pelo Direito*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- FERREIRA FILHO, Manoel Gonçalves. *Direitos Humanos Fundamentais*, 2016.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Carta das Nações Unidas*. São Francisco: ONU, 1945.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Declaração Universal dos Direitos Humanos*. Nova Iorque: ONU, 1948.
- ONU. *World Summit Outcome Document*. Nova Iorque: Assembleia Geral, 2005.

## **VALUATION NA CADEIA DE TERRAS RARAS: UM TESTE DE SOBERANIA INDUSTRIAL**

### **VALUATION IN THE RARE EARTH SUPPLY CHAIN: A TEST OF INDUSTRIAL SOVEREIGNTY**

*Bruno Fernando dos Reis*

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – POLI/USP

**Resumo:** O presente artigo propõe o *valuation* soberano como ferramenta quantitativa de teste de soberania industrial. Partindo da adaptação do modelo clássico de fluxo de caixa descontado (DCF), incorpora-se variáveis de autonomia tecnológica, conteúdo local e resiliência logística, fundamentais para a mensuração da independência produtiva. Aplicou-se o modelo à cadeia global de Terras Raras, incluindo empresas da China, Austrália, Estados Unidos e Brasil (MG Óxidos, Taboca e FIDES Mineração). Os resultados indicam que o índice  $V_s/E$  varia de 1,07 a 1,30, refletindo ganhos de valor estratégico associados à autonomia nacional. Conclui-se que o *valuation* soberano é um instrumento aplicável à formulação de políticas públicas e à avaliação de investimentos voltados à soberania industrial brasileira.

Palavras-chave: Valuation soberano; Soberania industrial; Terras raras; Cadeias críticas

**Abstract:** *This article proposes sovereign valuation as a quantitative tool to test industrial sovereignty. Based on an adaptation of the traditional discounted cash flow (DCF) model, it integrates variables such as technological autonomy, local content, and logistical resilience, essential for measuring productive independence. The model was applied to the global rare earth supply chain, including companies from China, Australia, the United States, and Brazil (MG Óxidos, Taboca, and FIDES Mineração). Results show that the  $V_s/E$  ratio ranges from 1.07 to 1.30, reflecting strategic value gains linked to national autonomy. It concludes that sovereign valuation is a useful*

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

*instrument for public policy formulation and investment assessment focused on Brazil's industrial sovereignty.*

*Keywords: Sovereign valuation; industrial sovereignty; Rare earths; Critical chains*

## **1. INTRODUÇÃO**

O conceito de soberania industrial vem ganhando relevância à medida que as cadeias produtivas globais se tornam mais vulneráveis a crises geopolíticas e restrições tecnológicas. No caso das Terras Raras (ETRs), insumos fundamentais para a transição energética, defesa e microeletrônica, a capacidade de refino e produção nacional é diretamente proporcional à autonomia estratégica de um país.

O *valuation* soberano propõe uma releitura do modelo tradicional de avaliação de empresas — incorporando à equação financeira clássica fatores de autonomia tecnológica, resiliência logística e criticidade nacional. O presente artigo aplica esse modelo à cadeia global e brasileira de ETRs, incluindo MG Óxidos, Taboca (Minsur), FIDES Mineração, Lynas Rare Earths, MP Materials e China Northern Rare Earths Group.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Tradicionalmente, o *valuation* se apoia no fluxo de caixa descontado (DCF). Contudo, esse método ignora dimensões de soberania e segurança industrial. Ao integrar indicadores de conteúdo local, controle nacional e domínio tecnológico, propõe-se o Valuation Soberano ( $V_s$ ):

$$V_s = (E + \alpha S + \beta R) \times \gamma$$

em que:

- $E$  = valor econômico clássico (DCF);
- $S$  = valor estratégico (autonomia tecnológica e conteúdo local);

- $R$  = valor sistêmico (resiliência e capacidade dual-use);
- $\alpha, \beta, \gamma$  = coeficientes de soberania.

O método dialoga com a literatura de Morgenthau (2003), Aron (1986) e Reis (2024), que associam o poder nacional à integração entre economia, tecnologia e defesa.

### 3. METODOLOGIA

Os dados foram obtidos de relatórios públicos e institucionais: USGS – Mineral Commodity Summaries 2024, CETEM (2023), IBRAM (2024) e relatórios corporativos (Lynas, MP Materials, China Northern Rare Earths, Minsur/Taboca, MG Óxidos). Para empresas com lacunas de divulgação (p.ex., FIDES e partes da Taboca em ETRs), adotaram-se estimativas compatíveis com ordem de grandeza e finalidade didático-analítica, explicitando que não constituem *guidance* financeiro.

Critérios e definições.

- Autonomia tecnológica: grau de domínio de processos-chave (extração, separação, refino) sem dependência de transferência externa.
- Conteúdo local: participação de insumos, serviços e engenharia realizados no país.
- Dual-use: potencial de uso civil e de defesa da linha de produtos/processos.
- Resiliência (R): proxy composta (0,2–0,5) considerando dispersão logística, contratos alternativos e estoques.

Aplicou-se normalização min–máx (0–1) por indicador para comparabilidade entre empresas de portes distintos. O valuation

econômico (E) utilizou DCF simplificado (FCF médio,  $r$  e horizonte  $t$ ); o valuation soberano ( $V_s$ ) incorporou pesos estratégicos ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) conforme criticidade nacional. Todos os pesos e parâmetros são transparentes e reproduzíveis no Memorial do Cálculo (Anexo).

Todos os dados foram coletados de fontes secundárias reconhecidas, de caráter técnico e institucional. As informações referentes às empresas Lynas, MP Materials e China Northern Rare Earths derivam dos relatórios anuais consolidados no USGS (2024). Os dados da MG Óxidos e projeções médias para FIDES Mineração e Taboca (Minsur) foram extraídos e adaptados de CETEM (2023), IBRAM (2024) e MINSUR (2024). A sistematização teórica e os parâmetros nacionais de criticidade basearam-se em REIS (2024). Todos os documentos estão listados nas referências segundo as normas da ABNT NBR 6023:2018.

A seguir, apresentamos o painel comparativo das empresas e indicadores que fundamentam os cálculos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o conjunto de empresas analisadas e seus principais indicadores econômico-estratégicos, servindo como base para a normalização posterior.

Tabela 1 – Dados econômico-estratégicos das empresas de Terras Raras (2023)

<b>Empresa</b>	<b>País</b>	<b>Receita (US\$ bi)</b>	<b>Autonomia (%)</b>	<b>Conteúdo Local (%)</b>	<b>Dual-use (%)</b>
China Northern RE	China	5,40	95	96	70
Lynas	Austrália	1,05	88	72	60
MP Materials	EUA	1,10	75	68	65

<b>Empresa</b>	<b>País</b>	<b>Receita (US\$ bi)</b>	<b>Autonomia (%)</b>	<b>Conteúdo Local (%)</b>	<b>Dual-use (%)</b>
MG Óxidos	Brasil	0,15	65	80	55
Taboca (Minsur)	Brasil/Peru	0,32	70	60	40
FIDES Mineração	Brasil	0,05	60	85	50

**Fonte:** Elaboração própria com base em USGS (2024), CETEM (2023), IBRAM (2024), relatórios corporativos.

Observa-se ampla variação de escala e autonomia, refletindo a heterogeneidade das cadeias críticas entre países desenvolvidos e emergentes.

Nota-se heterogeneidade relevante em escala e autonomia, com Brasil apresentando menor porte, porém conteúdo local e potencial dual-use competitivos.

Para tornar comparáveis variáveis de natureza distinta, aplicaram-se intervalos de normalização padronizados.

Para comparar empresas de diferentes portes, utilizou-se o método de normalização min–máx, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Intervalos de normalização adotados

<b>Indicador</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Receita	0,05	5,40
Autonomia	60	95
Conteúdo Local	60	96
Dual-use	40	70

**Fonte:** Elaboração própria (2025), a partir dos dados da Tabela 1.

A normalização permite que todas as variáveis assumam valores entre 0 e 1, assegurando comparabilidade entre dimensões distintas de soberania.

Exemplo (FIDES):

$$S_{FIDES} = 0,3(0,00) + 0,4(0,69) + 0,3(0,33) = 0,39$$

Esse resultado indica que a FIDES apresenta 39% do desempenho soberano máximo possível dentro da amostra.

Para o *valuation* financeiro, adotou-se fluxo de caixa livre (FCF) médio de US\$ 25 milhões, taxa de desconto de 8% e horizonte de cinco anos:

$$E = FCF \times \frac{1 - (1 + 0,08)^{-5}}{0,08} = 25 \times 3,99 = 99,75 \text{ milhões US\$}$$

Empresas maiores tiveram seus valores escalonados proporcionalmente à receita observada.

Os pesos adotados ( $\alpha = 0,5$ ;  $\beta = 0,3$ ;  $\gamma = 1,2$ ) refletem a relevância da soberania nacional. O cálculo final foi expresso como:

$$V_s = (E + \alpha S + \beta R) \times \gamma$$

Tabela 3 – Resultados comparativos de valuation soberano (2023)

Empresa	E (US\$ mi)	S	R	V <sub>s</sub> (US\$ mi)	V <sub>s</sub> /E	Interpretação
China NRE	5400	1,00	0,50	6480	1,20	Supremacia global
Lynas	1050	0,82	0,45	1228	1,17	Soberania consolidada
MP Materials	1100	0,65	0,40	1180	1,07	Alta integração dual-use
MG Óxidos	100	0,17	0,25	120	1,20	Alta relevância nacional

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Empresa	E (US\$ mi)	S	R	V <sub>s</sub> (US\$ mi)	V <sub>s</sub> /E	Interpretação
Taboca	150	0,09	0,30	165	1,10	Potencial médio estratégico
FIDES	50	0,39	0,35	65	1,30	Emergente de alta soberania

**Fonte:** Elaboração própria (2025), com base em simulação do modelo V<sub>s</sub>.

FIDES e MG Óxidos exibem ganho soberano relativo ( $V_s/E \geq 1,20$ ) apesar do menor faturamento, reforçando o papel de conteúdo local e autonomia na criação de valor estratégico.

Percebe-se que as empresas nacionais apresentam índices  $V_s/E$  superiores às médias internacionais, revelando o valor estratégico agregado pela autonomia produtiva.

Os resultados confirmam a hipótese: autonomia tecnológica + conteúdo local + resiliência elevam o valor soberano para além do valor puramente econômico. Em termos de política pública, isso justifica priorizar financiamento, encomendas tecnológicas e compras governamentais para projetos que aumentem S e R, mesmo sem crescimento imediato de receita.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que o *valuation* soberano pode ser empregado como instrumento quantitativo de análise da soberania industrial, especialmente em cadeias críticas como a das Terras Raras. Ao associar indicadores econômicos a variáveis de autonomia tecnológica, conteúdo local e capacidade dual-use, o modelo oferece uma visão mais fiel do valor estratégico de uma empresa ou setor para o Estado.

Os resultados indicaram que, embora as empresas brasileiras possuam menor escala produtiva, elas exibem maior potencial de soberania relativa quando avaliadas sob o prisma do valuation soberano. Esse achado reforça a necessidade de políticas públicas orientadas à inovação tecnológica, à verticalização produtiva e à consolidação da base industrial dual-use nacional.

Conclui-se que o *valuation* soberano não substitui o modelo financeiro tradicional, mas o complementa, transformando-o em ferramenta de Estado. Sua adoção pode contribuir para a formulação de uma Política Nacional de Minerais Críticos, alinhada ao interesse estratégico do Brasil e capaz de fortalecer sua autonomia produtiva e tecnológica no cenário global.

## REFERÊNCIAS

ARON, Raymond. *Paz e guerra entre as nações*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1986.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. *Panorama das terras raras no Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM, 2023. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/>. Acesso em: 2 set. 2025.

DAMODARAN, Aswath. *Valuation: measuring and managing the value of companies*. 7. ed. New York: Wiley, 2023. Disponível em: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Acesso em: 5 set. 2025.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. *Relatório anual de mineração e sustentabilidade 2024*. Brasília: IBRAM, 2024. Disponível em: <https://ibram.org.br/>. Acesso em: 8 set. 2025.

MINSUR S.A. *Relatório de sustentabilidade Taboca 2023*. Lima: Minsur, 2024. Disponível em: <https://www.minsur.com/en/sustainability/>. Acesso em: 15 set. 2025.

MORGENTHAU, Hans J. *A política entre as nações: a luta pelo poder e pela paz*. São Paulo: Imprensa Oficial, 2003.

REIS, Nélío Fernando dos. *Terras raras, poder e independência: o Brasil entre a guerra tecnológica e a soberania energética*. São Paulo: Uiclap, 2024. Disponível em: <https://loja.uiclap.com/titulo/ua92004/>.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral commodity summaries 2024*. Washington, D.C.: USGS, 2024. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

VALK, Johan et al. *Critical minerals and strategic autonomy*. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/critical-minerals-en>. Acesso em: 23 set. 2025.

**RECENT ADVANCES IN AGRIBUSINESS:  
EXPLORING PHOTONICS, MACHINE LEARNING, AND  
COMPUTER VISION TECHNIQUES**

*Cédrick Bamba Nsimba<sup>1</sup>, Reijane Salazar Costa<sup>2</sup>*

1(Department of Computer Science, Federal University of ABC,  
Congo/Canadá); 2(Department of Education, Federal University of  
São Carlos, Brazil)

**Abstract:** Recent advances in agribusiness are leveraging cutting-edge technologies such as photonics, machine learning, and computer vision to revolutionize traditional farming practices. Here are some key developments in these areas: (a) Photonic Techniques: (a.1) Precision Agriculture: - Laser Scanning and LIDAR: These technologies are used to create high-resolution maps of fields, which help in monitoring crop health, soil conditions, and topography. This data is crucial for precision farming, allowing for more accurate planting, irrigation, and fertilization; and - Spectroscopy: Techniques like hyperspectral imaging and near-infrared (NIR) spectroscopy are employed to analyze soil and plant properties. This helps in detecting nutrient deficiencies, diseases, and other stress factors at an early stage.(a.2) Crop Monitoring: - Optical Sensors: These are used to monitor various crop parameters such as chlorophyll content, water stress, and disease symptoms. Optical sensors enable real-time data collection and analysis, facilitating timely interventions.(b) Machine Learning Techniques: (b.1) Predictive Analytics: - Yield Prediction: Machine learning algorithms analyze historical data along with current environmental conditions to predict crop yields accurately. This helps farmers make informed decisions about resource allocation and market strategies; and - Disease

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Prediction: Models trained on historical data can predict the likelihood of disease outbreaks, enabling preemptive measures to protect crops.

(b.2) Resource Optimization: -Irrigation Management: Machine learning models optimize irrigation schedules based on weather forecasts, soil moisture levels, and crop water requirements. This conserves water and ensures optimal crop growth; and - Fertilization Plans: Algorithms recommend precise fertilization schedules and quantities, reducing waste and environmental impact while maximizing crop productivity.

(c) Computer Vision Techniques: (c.1) Automated Crop Monitoring: - Drones and UAVs: Equipped with high-resolution cameras, drones can capture detailed images of fields. Computer vision algorithms analyze these images to assess plant health, detect weeds, and monitor growth stages; and - Robotic Harvesting: Vision systems guide robotic harvesters to identify ripe fruits and vegetables, ensuring they are picked at the optimal time. This increases efficiency and reduces labor costs.

(c.2) Quality Control: - Sorting and Grading: Computer vision systems are used in sorting and grading agricultural products based on size, shape, color, and quality. This automation improves the consistency and speed of the grading process; and - Defect Detection: Advanced imaging techniques detect defects and diseases in produce during post-harvest processing, ensuring only high-quality products reach the market.

(d) Integration of Technologies: The integration of photonics, machine learning, and computer vision is creating more robust and efficient agribusiness solutions. For instance: (d.1) Smart Farming Systems: Combining data from photonic sensors with machine learning models and computer vision systems enables comprehensive farm management platforms that provide real-time insights and automated actions; and (d.2) Precision Livestock Farming: Photonic imaging, combined with machine learning and computer vision, is used to monitor the health and behavior of livestock, enhancing animal welfare and productivity.

Keywords: Photonic, Precision Technology, Babaçu Coconut Breakers, Computer Vision, Quality Control

## 1 INTRODUCTION

The Babaçu palm (*OrbygniaphalerataMart*) is of huge socioeconomic importance to Brazil, especially in the states of Maranhão, Piauí and Tocantins [ref goes here]. Its exploitation is mainly linked to the extraction of oil from the almonds of its fruit, the Babaçu coconut. According to (QUEIROGA et al., 2015; NÍTALO et al., 2017), in 2013, for instance, 83.917 tons of Babaçu almonds were harvested. However, the process of extracting those almonds from the Babaçu coconut is still manual and/or mechanical, which can impair both the quality of life of the breakers and the productivity.

Based on the principles that precision technology by means of mechanical vision techniques, physicochemical analyses and computer vision techniques may help for automation of Babaçu coconut processing, in this paper, we present CAS, an Coconut Analytic System to automatically separate Babaçu coconut residues from its almonds.

As we can observe, CAS is a complex system and its construction may involve a set of software and hardware artifacts. By definition, a software artifact is any item produced during the development of software, whether tangible or intangible. These items can be documents, code files, diagrams, or executable programs (JFROG, 2025). So, in this work we have a bunch of artifacts and the primary result presented in this paper is our first software artifact called functional architecture.

The goal of the functional architecture is to guide developers, stakeholders, customers, etc... to have a good understanding of the main steps of the project.

## **2 PROBLEMS**

This section aims to describe two main issues involving the coconut babaçu business. The first is related to the coconut babaçu breakers, and the second is about how we can enhance the productivity during the separation of the coconut and its grains. The following two sections are going to tackle these two issues.

### **2.1 The Coconut Babaçu Breakers**

Extractive activity impacts a range of economic activities linked to the extraction of natural resources that aim to satisfy different human needs, from economic necessity to subsistence. Going far beyond just an extractive activity, the breaking of babaçu coconuts becomes a cultural marker for many of these women. Due to the roughness of the coconut shell, and the way the axe must be handled to obtain the kernel, babaçu coconut breakers end up adopting positions that pose ergonomic risks to their health, leading to the development of musculoskeletal disorders (SILVA, 2022).

Work-related Musculoskeletal disorders can be understood as a work disease that can affect the employe's fisical posture, and consequently, impair the work productivity. Work-related diseases are becoming popular and are considered a real health risk to individuals. Among all the occupational diseases in today's organizations, musculoskeletal disorders and burnout are the most prevalent occupational illness worldwide. By the definition, for instance, burnout can be seen as a form of a persistent and severe fatigue that can occurs after a long period of work (NACZENSKI et al., 2017). Most of companies and organizations have reported the occurrence of burnout from their employees, and this situation can lead to discomfort, loss of quality of life, and consequently, loss of productivity. Babaçu breakers are suffering from work-related diseases, and something must be done from private and/or governmental initiative. In addition, their income is low when compared to the work-load. So, in this work, we propose a

framework that can mitigate this. Figure 1 shows how is painful to extract Babaçu grains from the coconut one.



Figure 1: Babaçu coconut breakers in the state of Maranhão, city/municipality of Codó, Brazil.

## 2.2 The Separation of the Coconut Babaçu and its Grains

By definition, the Babaçu is a palm tree belonging to the Arecaceae family that can reach up to 20m in length. Brazilian Babaçu trees are found in some regions of Brazil, including the Northeast, North, and Central-West regions, with a greater focus on the Northeast region. The IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (IBGE, 2025) found that Maranhão is the state with the highest extraction rate of Babaçu coconut kernels in Brazil. This data was provided in accordance with the IBGE's Plant Extraction and Forestry Production (PEVS), which states that Maranhão alone is responsible for 93 % of

extraction of the Babaçu coconut kernels throughout Brazil (BRASIL, 2016).

Regarding the composition of the Babaçu fruit, the fruits are light brown and are surrounded by a hard fibrous exocarp surrounding a gray mesocarp containing three to six oily seeds. The fruits are approximately 8 to 15 cm long and 5 to 7 cm wide, slightly oval in shape. The physical composition of the fruit indicates four usable parts: epicarp (11%), mesocarp (23%), endocarp (59%) and almond (7%) (SOLER; VITALLI, 2017). Figure 2 illustrates 3 main steps of Babaçu coconut separation, namely Figure 2(a) the coconut/fruits, Figure 2(b) the coconut cut, and Figure 2(c) the final coconut almonds.



Figure 2: Babaçu coconut separation.

Harvesting is limited to collecting and transporting the coconuts to the place where they must be cracked to extract the almonds. The difficulty in cracking babassu lies in the hardness of the coconut and the fact that the endocarp only breaks irregularly. It is difficult to prevent the almonds from cracking or being bruised, which is detrimental to oil extraction because bruised almonds become rancid within 24 to 48 hours, losing their commercial value. Rancid almonds mean that the

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

fats in them have oxidized, causing an unpleasant odor (sour or musty) and a bad taste. This process occurs when almonds are exposed to air (oxygen), heat, light, or moisture, which can affect their flavor and nutritional quality. Therefore, it is recommended not to consume them.

This reveals that traditional and some modern breaking techniques may be deprecated. The new and precise breaking technique of Babaçu coconuts is needed to preserve the entire almonds. This work aims to present a new Babaçu nut breaking system called CAS (Coconut Analytic System) with the purpose of automating the Babaçu coconut and almond separation process. Section 3 is dedicated to diving into the details of CAS.

### **3 METHODOLOGY**

The present study involves the construction of a new digital system called CAS with the purpose of automating the process of the separation of Babaçu coconut and its almonds. This technique is based on precision technology and is being developed by us in order to help stakeholders and entrepreneurs to have quality and more productivity from their businesses based on Babaçu coconut and its almonds.

The breaking of the Babaçu coconut to obtain the kernel is done predominantly with an axe or a club, where the women assume a non-ergonomic position. The difficulty in extracting the kernel is due to the endocarp, which is the innermost or deepest layer of the fruit, which breaks irregularly, adopting a non-ergonomic position for the breakers. Through this rudimentary and manual method, the coconut is broken in such a way that the axe is placed on the ground, held by the women sitting by their feet, with the tip of the axe pointing upwards (VALE; BONFATTI; SOUZA; TEIXEIRA, 2018) (Figure 1).

In addition, this work has the goal of preventing Work-related Musculoskeletal disorders/ diseases of the Babaçu breakers, and at the same time, helping them to have another way to make money for

their families with quality of life. The proposed precision system (CAS) will be explained in the following paragraphs.

The functional goal of our proposal is to make a analysis by a single Babaçu coconut. Given a Babaçu coconut as an input of our CAS, the step 1 consists of extracting physicochemical infomations by means of photonic techniques. Such informations are crucial for determining which type of cut should be used between cross and longitudinal one. Also, such photonic informations help to discard rotten almonds and green coconuts.

The step 2 consists of the cut itself. That is, separating the coconut from its almonds. In the step 3, we use computer vision techniques in order to extract some usefull informations as insights for business. Computer vision can be seen as an tool of AI (Artificial Intelligence).

Finally, steps 4 and 5 are, respectively, responsible of creating a dedicated software in order to manage data and offering dashboard for visualizaton; and helping to carry out an estimated analysis of the CAS in the perspective of its velocity of processing. Figure 4 summarizes this whole process.

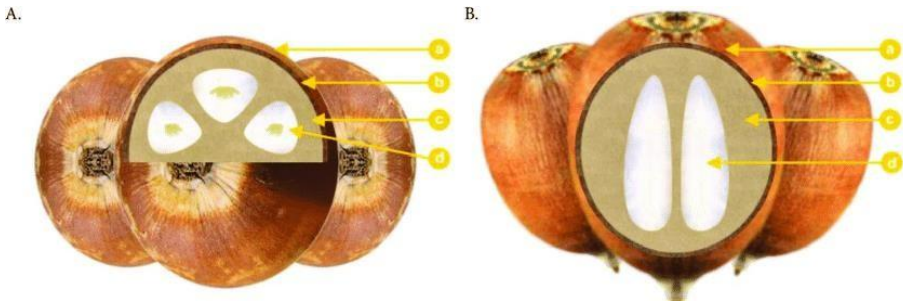


Figura 3: Representation of the fractions of Babaçu coconut. Cross Cut (A)

and Longitudinal Cut (B). a - epicarp, b - mesocarp, c - endocarp, and d - almond. Image from (NÍTALO et al., 2017).

**PROPOSAL**

- **ANALYSIS BY COCONUT**  
Discard cut in the first steps of processing
- **PHOTONIC TECHNIQUES**  
Physicochemical Informations
- **COMPUTER VISION**  
AI tools
- **DEDICATED SOFTWARE**  
Data management and dashboard
- **VELOCITY OF THE ESTIMATED ANALYSIS**  
System n-time robust

Figura 4: The proposed methodology.

### 3 RESULTS E DISCUSSIONS

As a primary result of this project, we built a functional architectura to facilitate the understanding of the main software artifacts of the system,

and also, to provide an overview of the whole proposed system, CAS. Figure 5 summarizes this first result.

Roughly speaking and considering that the objective of this work is to construct a digital system based on precision technology in order to automate the process of the separation of Babaçu coconut from its almonds, the architecture proposed in Figure 5 is the fundamental primary result.

In Figure 5(1), Sampling is the task that defines how the system input should be presented. In Figure 5(2), Weighing is responsible to control the size of the sample needed to be processed for each slot. Local Data Acquisition (Figure 5(3)) computes some measurements and send the data for storage. After this, the local stored data are send to cloud to build an efficient classification model (Figure 5(4)). Finally, Figure 5(5) and Figure 5(6) are, respectively, responsible to discard from the sample green coconut or rotten almond and to send data reports to the customers.

## CAS-COCUNUT ANALYTIC SYSTEM | FUNCTIONAL ARCHITECTURE

OVERVIEW OF THE FUNCTIONAL ARCHITECTURE OF CAS



Figura 5: Functional architecture of CAS

The main discussion we can reveal in this work is about how our proposal has a potential to overperform traditional techniques involving the Babaçu coconut processing automation, and also some techniques considered as the state-of-the art.

The work performed by (NÍTALO et al., 2017) in which their presented an agglomerated panels made from babaçu coconut residues. Their process involved the separation of babaçu coconut residues from its almonds. Such separation was made manually. Also, EMBRAPA (EMBRAPA, 2022) developed a tool for breaking babaçu coconut and then the usage of such technology is manual. These manual and mechanical tools can impair the productivity, and also, exposing babaçu coconut breakers to ergonomic diseases.

This reinforces the importance of our proposal being entirely automated, thus increasing productivity while preventing babaçu coconut breakers from work-related musculoskeletal diseases.

#### **4 CONCLUSION**

Work-related diseases are becoming popular and are considered a real health risk to individuals. Babaçu coconut breakers are suffering from such diseases, and consequently, impairing their productivity. Thus, the reasons are evident for finding efficient solutions to overcome such problems.

The aim of this work was to build a CAS (Coconut Analytic System) that can automate the process of separation of babaçu coconut residues from its almonds. With this proposal, babaçu coconut breakers will have a quality of life, and also, another way to make money with babaçu coconut business using CAS. In addition, entrepreneurs and stakeholders will gain in productivity.

The primary result that was obtained here was the construction of the main functional architecture of the CAS. Regarding future work, we

plan to start the construction of our physical precision technology, namely CAS.

## REFERENCES

Vale, S. R. G. A., Bonfatti, R. J., Souza, A. G., & Teixeira, L. R.. (2018). Análise ergonômica da atividade de quebra tradicional do coco babaçu no município de Itapecuru-Mirim/MA. *Revista Brasileira De Saúde Ocupacional*, 43. <https://doi.org/10.1590/2317-6369000002416>.

Nítalo André Farias Machado, Mariléia Barros Furtado, Luisa Julieth Parra-Serrano, Michelle de Oliveira Maia Parente, Juliano Fiorelli, & Holmer Savastano Júnior. (2017). Painéis aglomerados fabricados com resíduos do coco babaçu. *Agrária - Revista Brasileira De Ciências Agrárias*, 12(2), 202-209. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5434>.

Embrapa: Ferramenta para quebra do coco babaçu (2025), <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71387463/ferramenta-para-quebra-do-coco-babacu-e-tecnologia-social-em-reta-final-de-validacao-pelas-quebradeiras-de-coco>. Embrapa, 2022.

jFrog: Software artifact (2025), <https://jfrog.com/learn/devops/software-artifact/>. jFrog, 2025.  
Queiroga, V. P.; Girão, Ê, G.; Araújo, I. M. S.; Gondim, M. S.; Freire, R. M. M.; Veras, L. G. C. Composição centesimal de amêndoas de coco babaçu em quarto tempos de armazenamento. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.17, n.2, p.207-213, 2015. <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev172/Art1720.pdf>. 15 Fev. 2016.

Silva. Larissa Carvalho Godinho, M.A.M.: Efeitos Osteomusculares e Análise ergonômica de Quebradeiras de Coco Babaçu: revisão integrativa (01 2022).

IBGE: Online: Ibge. sistema de recuperação de dados e informações (sidra). (102025), Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 oct. de 2025. SOLER, M. P.; VITALI, A.A.M.E.: Tecnologia de quebra do coco babaçu (*orbignya speciosa*) food science and technology, v. 27, p. 717-722, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400007>. Acesso em: 24 set. de 2022.

**O MODELO MATEMÁTICO DO PODER MINERAL: TEORIA DOS JOGOS, PROSPECT THEORY E ÍNDICE GLOBAL DE SOBERANIA NA CADEIA DAS TERRAS RARAS**

**THE MATHEMATICAL MODEL OF MINERAL POWER: GAME THEORY, PROSPECT THEORY AND GLOBAL SOVEREIGNTY INDEX IN THE RARE EARTHS CHAIN**

*Nelio Fernando dos Reis*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP*

**Resumo:** O artigo propõe um modelo matemático para compreender o equilíbrio de poder entre países que disputam o controle das Terras Raras (REE–REO). O estudo combina três dimensões teóricas: a racionalidade estratégica de Nash, a racionalidade comportamental de Kahneman e a racionalidade estrutural do Índice Global de Soberania (IGS). O modelo utiliza funções de utilidade, ponderação de riscos e gradientes de poder soberano. A análise demonstra que o equilíbrio global é triplo: racional na estratégia, emocional nas decisões e estrutural na soberania. Os resultados indicam que o Brasil pode elevar seu poder mineral se priorizar o refino interno e a neutralidade ativa nas negociações.

Palavras-chave: Teoria dos Jogos; Prospect Theory; Índice Global de Soberania; Terras Raras; Modelagem Matemática.

**Abstract:** *This paper proposes a mathematical model to understand the power equilibrium among countries competing for control over Rare Earth Elements (REE–REO). The model integrates three dimensions: Nash's strategic rationality, Kahneman's behavioral rationality, and the structural rationality expressed by the Global Sovereignty Index (IGS). It employs utility functions, risk-weighting adjustments, and sovereignty gradients to explain*

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

*decision dynamics. Results show that global equilibrium is triple: rational in strategy, emotional in behavior, and structural in sovereignty. Brazil can increase its mineral power by investing in refining capacity and adopting an active neutrality in international negotiations.*

*Keywords: Game Theory; Prospect Theory; Global Sovereignty Index; Rare Earths; Mathematical Modeling.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A nova economia mundial não é apenas comercial, mas mineral e tecnológica. As Terras Raras — elementos usados em semicondutores, turbinas, veículos elétricos e defesa — tornaram-se eixo estratégico das relações internacionais.

Com base na Teoria dos Jogos (Nash), na Economia Comportamental (Kahneman) e no Índice Global de Soberania (IGS), propõe-se aqui um modelo matemático capaz de representar o equilíbrio entre os países dominantes da cadeia REE–REO e o papel potencial do Brasil.

## **2. ESTRUTURA MATEMÁTICA DO MODELO**

### **2.1 FUNÇÃO ESTRATÉGICA (NASH)**

Cada país  $i$  escolhe uma estratégia  $s_i \in \{M, R, X\}$ , onde:

$M$ : mineração;

$R$ : refino (separação de óxidos);

$X$ : exportação de tecnologia e ímãs.

A função de utilidade estratégica é:

$$U_i(s_i, s_{-i}) = \pi_i - c_i + \alpha_i f_i(s_{-i}),$$

onde  $\pi_i$  é o lucro direto,  $c_i$  o custo de operação e  $\alpha_i f_i$  o efeito indireto das decisões dos outros países.

O Equilíbrio de Nash ocorre quando:

$$U_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq U_i(s_i, s_{-i}^*), \forall i.$$

Análise didática:

Cada país busca sua melhor resposta às ações dos outros. No equilíbrio, ninguém tem incentivo a mudar sozinho. Essa é a base do comportamento estratégico global entre EUA, China e Brasil.

## 2.2 FUNÇÃO COMPORTAMENTAL (KAHNEMAN)

Os países não decidem apenas por lucro, mas também por aversão à perda.

Define-se a utilidade psicológica:

$$V_i = \omega_i(p_i) \cdot v_i(\Delta x_i),$$

onde  $\omega_i$  distorce probabilidades e  $v_i$  valoriza mais as perdas do que os ganhos.

O resultado é:

$$U'_i = (1 - \beta_i)U_i + \beta_i V_i,$$

com  $\beta_i$  representando o peso emocional da decisão.

Análise:

Os Estados Unidos, por exemplo, tarifaram a China não apenas por cálculo econômico, mas pelo medo de perder hegemonia tecnológica — um caso clássico de aversão à perda.

## 2.3 FUNÇÃO ESTRUTURAL (IGS)

O poder nacional é definido por:

$$IGS_i = w_P \hat{P}_i + w_E \hat{E}_i + w_C \hat{C}_i + w_M \hat{M}_i + w_S \hat{S}_i + w_I \hat{I}_i.$$

Cada  $\hat{X}_i$  representa o desempenho normalizado (0 a 1) em produção, energia, ciência, defesa, sociedade e informação.

Análise:

O IGS não mede riqueza, mas autonomia estrutural.

O país soberano é aquele que controla sua cadeia produtiva e tecnológica, não apenas o valor de exportação.

### 3. DADOS EMPÍRICOS DA CADEIA REE-REO

Tabela 1 — Produção e Refino Global de Terras Raras (2025)

País	REE (%)	REO (%)	Tipo de poder dominante
China	62	85	Técnico-industrial
EUA	14	9	Militar-energético
Austrália	8	3	Logístico-produtivo
Vietnã	4	1	Estatal-emergente
Rússia	3	0,5	Militar-energético
Índia	1	0,3	Científico
Brasil	0,8	0,1	Energético-científico

Fonte: USGS (2025); IEA (2024); elaboração do autor.

Análise:

A China domina tanto a mineração (REE) quanto o refino (REO). O Brasil aparece com baixa participação, mas grande potencial de expansão industrial e científica.

### 4. CÁLCULO DO PODER MINERAL

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Define-se o Índice de Poder Mineral (MPS):

$$MPS_i = 0.45 REE_i + 0.55 REO_i.$$

Tabela 2 — Índice de Poder Mineral (MPS Normalizado)

País	REE	REO	MPS
China	1,00	1,00	1,00
EUA	0,23	0,11	0,17
Austrália	0,13	0,04	0,08
Vietnã	0,06	0,01	0,03
Rússia	0,05	0,01	0,03
Índia	0,02	0,004	0,01
Brasil	0,01	0,001	0,01

Fonte: Elaboração do autor com base em dados USGS (2025).

Análise:

A China possui poder mineral absoluto (MPS=1).

O Brasil tem MPS baixo, mas alto gradiente soberano — ou seja, um pequeno avanço no refino eleva muito o poder estratégico nacional.

## 5. EQUILÍBRIO GLOBAL TRIPLA

O sistema global combina três equações fundamentais:

$$\begin{cases} U'_i(s_i, s_{-i}) = (1 - \beta_i)U_i + \beta_i V_i, \\ IGS_i = \sum w_k \hat{X}_{ik}, \\ \Phi = \sum \theta_i U'_i + (1 - \theta_i)IGS_i. \end{cases}$$

O equilíbrio ocorre quando:

$$\nabla_{s_i} \Phi = 0, \forall i.$$

Interpretação:

A parte de Nash garante estabilidade (ninguém muda isoladamente).

A parte de Kahneman explica reações emocionais (tarifas, sanções, retaliações).

A parte de IGS mede quem acumula poder real (controle da cadeia tecnológica).

## 6. Resultados e Implicações para o Brasil

O modelo mostra que:

$$\frac{\partial IGS_{BRA}}{\partial R_{BRA}} > \frac{\partial IGS_{BRA}}{\partial M_{BRA}},$$

ou seja, o ganho de soberania é maior no refino do que na mineração.

Conclusão prática:

O Brasil deve:

Investir em plantas de separação e metalização;

Exigir transferência tecnológica nas parcerias;

Atuar com neutralidade ativa entre EUA e China;

Usar o IGS como métrica de política industrial.

## 7. CONCLUSÃO

O equilíbrio global das Terras Raras é um sistema matemático de poder triplo: Estratégico, pela teoria dos jogos de Nash;

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Comportamental, pela aversão à perda de Kahneman; Estrutural, pelo estoque de poder do IGS.

O Brasil, ao ampliar seu refino e tecnologia, desloca-se do papel de fornecedor para o de formador de soberania — um movimento mensurável, previsível e reproduzível matematicamente.

## REFERÊNCIAS

NASH, J. *Non-Cooperative Games*. *Annals of Mathematics*, 1951.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*. *Econometrica*, 1979.

REIS, N. F. *Índice Global de Soberania*. São Paulo: CEEDEX, 2025.

USGS. *Mineral Commodity Summary: Rare Earths 2025*. Washington, 2025.

IEA. *Critical Minerals Review*. Paris, 2024.

IBRAM. *Relatório Setorial de Minerais Críticos*. Brasília, 2025.

**ESCALA 6×1 E OS DESAFIOS DO DIREITO DO TRABALHO  
CONTEMPORÂNEO: ENTRE SOBERANIA PRODUTIVA E  
PROTEÇÃO SOCIAL**

**6×1 WORK SCHEDULE AND THE CHALLENGES OF  
CONTEMPORARY LABOR LAW: BETWEEN PRODUCTIVE  
SOVEREIGNTY AND SOCIAL PROTECTION**

*Camila Schumann*  
*Advogada Trabalhista*

**Resumo:** A discussão sobre a escala 6×1 ultrapassa a esfera sindical e alcança o campo institucional do Direito e da soberania nacional. Este artigo analisa, à luz da jurisprudência comparada e da doutrina clássica, a legitimidade jurídica e socioeconômica da jornada de seis dias de trabalho por um de descanso, conforme o artigo 67 da CLT e os princípios constitucionais do trabalho digno. Utiliza-se metodologia descritivo-analítica e comparativa, com base em decisões de tribunais nacionais e internacionais, além de contribuições de juristas consagrados, como Kelsen, Bobbio, Hayek, Delgado e Kahn-Freund. O estudo conclui que a escala 6×1 é compatível com os parâmetros internacionais de dignidade laboral quando observados os limites de duração, compensação e livre pactuação, constituindo exemplo de flexibilidade regulada que busca conciliar soberania produtiva e proteção social.

Palavras-chave: direito do trabalho; jornada de trabalho; soberania produtiva; descanso semanal

**Abstract:** *The 6×1 work schedule goes beyond the labor arena and reaches the institutional field of Law and national sovereignty. This paper analyzes, based on comparative jurisprudence and classical doctrine, the legal and socioeconomic legitimacy of the six-days-on/one-day-off model under Brazilian labor law and constitutional principles of decent work. A descriptive-analytical and comparative methodology was used, drawing on case law from*

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

*national and international courts, as well as theoretical contributions from jurists such as Kelsen, Bobbio, Hayek, Delgado, and Kahn-Freund. The study concludes that the 6×1 schedule is compatible with international standards of human dignity when limits, compensation, and free bargaining are observed, representing a model of regulated flexibility that reconciles productive sovereignty and social protection.*

*Keywords: labor law; working time; productive sovereignty; weekly rest*

## **1. INTRODUÇÃO**

A discussão sobre a duração da jornada de trabalho é uma das mais antigas do Direito Social. Desde o século XIX, o tempo de labor tem sido objeto de tensão entre eficiência econômica e dignidade humana. No Brasil, a escala 6×1 — seis dias de trabalho e um de descanso — consolidou-se como prática legítima pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT, art. 67), assegurando ao trabalhador repouso semanal remunerado, preferencialmente aos domingos.

Contudo, propostas legislativas recentes, como a PEC 8/2025, reacenderam o debate sobre a suposta “superação” do regime 6×1, com base em discursos de saúde mental, qualidade de vida e redistribuição do tempo de trabalho. Tal debate, entretanto, exige abordagem jurídica comparada, pois envolve não apenas direitos sociais, mas também soberania produtiva, autonomia contratual e estabilidade institucional.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A literatura internacional e nacional sobre tempo de trabalho revela três correntes dominantes:

Kahn-Freund (1972) descreve o Direito do Trabalho como um sistema de “equilíbrio de poderes”, destinado a limitar assimetrias entre empregador e empregado, sem suprimir a autonomia privada. Kelsen (1998) destaca que a fixação da jornada é manifestação da soberania normativa do Estado. Bobbio (1992) classifica o repouso como direito social fundamental de segunda geração. No Brasil, Delgado (2023),

---

**Terras Raras e Soberania**  
**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

Mascaro Nascimento (2018), Barros (2018), Cassar (2022) e Martins (2023) afirmam que a escala 6×1 é compatível com a CF/88 e a CLT, desde que haja respeito à compensação e negociação coletiva.

As Convenções nº 1 e 14 da OIT instituem limites máximos de jornada e repouso semanal obrigatório, mas permitem adaptações. Estudos da OIT (2019, 2023) e da Eurofound (2019, 2021) mostram que a maioria dos países adota modelos de flexibilidade regulada, com escalas 5×2, 6×1 ou 12×36, sempre mediadas por acordos coletivos. Freedland e Kountouris (2011) e Deakin e Morris (2012) apontam que a duração da jornada integra a própria estrutura do contrato de trabalho, devendo ser ajustável conforme a função social da empresa.

Relatórios da OCDE (2023) e da CNI/IBRE-FGV indicam que a produtividade não aumenta linearmente com a redução de horas, dependendo da organização do trabalho. Pesquisas de saúde (Kivimäki et al., 2015; WHO/ILO, 2021) demonstram que jornadas muito longas elevam riscos cardiovasculares, mas destacam que a distribuição equilibrada do tempo e o direito à desconexão são mais determinantes que o número de dias trabalhados.

O consenso da literatura é que o regime 6×1 é lícito e socialmente aceitável, desde que acompanhado de descanso efetivo, negociação coletiva e gestão de riscos ocupacionais. Persiste, contudo, a lacuna de estudos empíricos no contexto brasileiro sobre impactos diferenciados por setor econômico e sobre o equilíbrio entre produtividade e bem-estar.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa adota método descritivo-analítico, com abordagem comparada e documental. Foram analisadas normas constitucionais e infraconstitucionais, convenções internacionais da OIT, decisões judiciais e literatura especializada. O critério comparativo buscou identificar convergências e divergências entre Brasil, Europa e

Estados Unidos, quanto à regulação do tempo de trabalho e à interpretação jurisprudencial sobre escalas prolongadas.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A jurisprudência internacional revela consenso em torno da flexibilidade regulada:

Alemanha – Bundesarbeitsgericht (2017): reconheceu a constitucionalidade de escalas longas, desde que observados repousos dominicais e limites máximos.

Espanha – STC 192/2003: admitiu a negociação coletiva para definir o tempo de trabalho, com respeito à dignidade humana.

França – Cour de Cassation (2018): manteve a validade do 6×1 no comércio, invocando “necessidade econômica essencial”.

EUA – National League of Cities v. Usery (426 U.S. 833, 1976): consolidou o princípio da soberania federativa na regulação laboral.

Brasil – TST, RR-10272-35.2018.5.03.0002: fixou que o regime 6×1 é legítimo, desde que assegurado o descanso semanal remunerado.

Essas decisões indicam que nenhuma democracia madura proíbe o 6×1, mas todas condicionam sua validade a limites de saúde e à livre pactuação.

Na dimensão doutrinária, Delgado (2023) e Nascimento (2018) defendem que o trabalho digno se constrói pelo equilíbrio entre interesse econômico e valor social. Hayek (1983) adverte que o excesso de regulação gera dependência estatal, enquanto Piketty (2019) argumenta que redistribuir o tempo de trabalho é medida de justiça social. Essa tensão dialética reflete a dualidade do próprio Estado moderno: liberal na economia, social na proteção.

Assim, a escala 6×1 pode ser interpretada como instituto de soberania produtiva, pois assegura autonomia regulatória ao Estado, mas

também como mecanismo de justiça social, ao garantir repouso e dignidade ao trabalhador.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise comparada evidencia que o debate sobre a escala 6×1 não opõe apenas direita e esquerda, mas dois paradigmas de soberania: o produtivo e o social. O primeiro valoriza a liberdade econômica e a continuidade operacional; o segundo enfatiza a proteção integral ao trabalhador. Ambos são legítimos e coexistem nas democracias maduras.

O Brasil, ao manter a escala 6×1 com salvaguardas constitucionais, alinha-se ao modelo internacional de equilíbrio regulado. O desafio não é extinguir a escala, mas aperfeiçoar os mecanismos de fiscalização, negociação e saúde ocupacional, assegurando simultaneamente eficiência produtiva e bem-estar..

O verdadeiro teste de soberania institucional é a capacidade do Estado de conciliar liberdade econômica com proteção social, mantendo o trabalho como valor central da República.

## **REFERÊNCIAS**

ALEMANHA. Bundesarbeitsgericht. *Urteil vom 12.07.2017 – 5 AZR 456/16*. Erfurt: Bundesarbeitsgericht, 2017.

ARON, Raymond. *Paz e guerra entre as nações*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

BARROS, Alice Monteiro de. *Curso de direito do trabalho*. 9. ed. São Paulo: LTr, 2018.

BOBBIO, Norberto. *A era dos direitos*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Rio de Janeiro, 1 maio 1943.

CASSAR, Vólia Bomfim. *Direito do trabalho*. 14. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022.

DELGADO, Maurício Godinho. *Curso de direito do trabalho*. 20. ed. São Paulo: LTr, 2023.

ESPAÑA. Tribunal Constitucional. *Sentencia 192/2003 de 16 de outubro de 2003*. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 2003.

EUROFOUND. *Working time developments in the 21st century*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.

FREEDLAND, Mark; KOUNTOURIS, Nicola. *The legal construction of personal work relations*. Oxford: Oxford University Press, 2011.

FRANÇA. Cour de Cassation – Chambre Sociale. *Arrêt du 12 juin 2018*. Paris: Cour de Cassation, 2018.

HAYEK, Friedrich A. *O caminho da servidão*. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). *Working time and work–life balance around the world*. Geneva: ILO, 2019.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). *Working time and work–life balance: 2023 update*. Geneva: ILO, 2023.

KAHN-FREUND, Otto. *Labour and the law*. 2. ed. London: Stevens & Sons, 1972.

KELSEN, Hans. *Teoria pura do direito*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

KIVIMÄKI, Mika et al. Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, v. 386, n. 10005, p. 1739-1746, 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60295-1.

MARTINS, Sérgio Pinto. *Direito do trabalho*. 45. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

MASCARO NASCIMENTO, Amauri. *Iniciação ao direito do trabalho*. 37. ed. São Paulo: LTr, 2018.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). *Employment outlook 2023*. Paris: OECD Publishing, 2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). *Convenção nº 1 sobre as horas de trabalho (1919)*. Genebra: OIT, 1919.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). *Convenção nº 14 sobre o repouso semanal (1921)*. Genebra: OIT, 1921.

PIKETTY, Thomas. *Capital e ideologia*. Paris: Seuil, 2019.

SUPREME COURT OF THE UNITED STATES. *National League of Cities v. Usery*, 426 U.S. 833 (1976). Washington, D.C.: SCOTUS, 1976.

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO (BRASIL). *Recurso de Revista nº 10272-35.2018.5.03.0002*. Brasília: TST, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). *Joint estimates of the work-related burden of disease and injury 2016–2021*. Geneva: WHO/ILO, 2021.

# **REFORMA TRIBUTÁRIA E SOBERANIA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA**

## **TAX REFORM AND SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY**

*Everton Araújo da Silva*

*Economista*

**Resumo:** A Emenda Constitucional nº 132/2023, que institui a Reforma Tributária, redefine o modelo fiscal brasileiro e impacta o financiamento da ciência, tecnologia e inovação. Este artigo analisa, sob abordagem jurídico-comparada, os efeitos da centralização tributária sobre a autonomia federativa e a soberania tecnológica. Com base em jurisprudência, relatórios da OCDE, UNESCO e WIPO e doutrina nacional, conclui-se que a eficácia da reforma dependerá de mecanismos compensatórios e de governança interfederativa que assegurem vinculação de receitas à pesquisa, preservando o equilíbrio entre eficiência arrecadatória e desenvolvimento científico nacional.

Palavras-chave: reforma tributária; inovação; soberania; autonomia federativa; tecnologia

**Abstract:** *Constitutional Amendment No. 132/2023, which implements Brazil's Tax Reform, redefines the national fiscal model and affects funding for science, technology, and innovation. This paper analyzes, through a comparative legal approach, the effects of tax centralization on federative autonomy and technological sovereignty. Drawing on jurisprudence, OECD, UNESCO, and WIPO reports, and Brazilian legal doctrine, it concludes that the reform's effectiveness will depend on compensatory mechanisms and inter-federative governance ensuring the allocation of revenues to research, preserving the balance between fiscal efficiency and national scientific development.*

*Keywords: Tax reform. Innovation. Sovereignty. Federative autonomy. Technology.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Emenda Constitucional nº 132/2023 instituiu o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e a Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS), substituindo tributos como ICMS, ISS, PIS e COFINS. Embora o objetivo declarado seja simplificar o sistema e aumentar a competitividade, a reforma também altera o fluxo de recursos que sustentam o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

A arrecadação científica no Brasil é fortemente dependente de tributos setoriais e fundos vinculados, como o FNDCT, o CT-Infra, o FUST e a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005). Com a unificação tributária, a redistribuição das receitas passará a ser feita por um Conselho Federativo, o que pode reduzir a autonomia dos estados e a previsibilidade do financiamento à pesquisa.

No cenário internacional, a política tributária é reconhecida como instrumento estratégico de soberania tecnológica. Países como Alemanha, Estados Unidos e Coreia do Sul estruturam incentivos fiscais para inovação como pilares de desenvolvimento nacional. Assim, discutir a reforma tributária sob a ótica científico-tecnológica é discutir o próprio projeto de soberania do Brasil.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A literatura econômica e jurídica demonstra a interdependência entre sistema tributário e capacidade de inovação.

Schumpeter (1934) definiu o Estado e o crédito como motores da inovação; Keynes (1936) e Kaldor (1960) destacaram o papel redistributivo dos tributos para sustentar setores produtivos; e Mazzucato (2013; 2019) caracterizou o Estado como “investidor empreendedor”, cuja força depende de autonomia fiscal.

Na perspectiva jurídica, Carl Schmitt (1928) afirma que soberania é a capacidade de decidir sobre exceções fiscais; Kelsen (1934) define o poder de tributar como expressão da soberania normativa. No Brasil, Heleno Taveira Torres (2024) e Eros Grau (2018) sustentam que a justiça fiscal deve preservar a neutralidade tecnológica, evitando onerar atividades intensivas em P&D.

Bercovici (2019), por sua vez, ressalta que o federalismo fiscal é condição de autonomia científica, pois permite que estados direcionem recursos conforme suas vocações produtivas.

Relatórios da OCDE (2023), UNESCO (2022) e WIPO (2023) apontam que países com incentivos fiscais previsíveis investem acima de 2% do PIB em P&D, enquanto centralizações fiscais excessivas reduzem a inovação endógena. O IPEA (2024) estima que, sem regulação compensatória, o novo sistema poderá diminuir até R\$ 5 bilhões/ano do financiamento público à CT&I.

### **3. METODOLOGIA**

O estudo adota método descritivo-analítico e abordagem comparada. Foram examinadas:

A Emenda Constitucional nº 132/2023 e seus impactos sobre a arrecadação de fundos de inovação;

Jurisprudências do STF, Corte Constitucional Alemã, Tribunal Constitucional Espanhol e Suprema Corte dos EUA sobre autonomia fiscal e competência federativa;

Relatórios técnicos da OCDE, WIPO, UNESCO e CNI;

Doutrinas clássicas e contemporâneas de Direito Econômico e Tributário.

A pesquisa é bibliográfica e documental, com base em fontes oficiais e em literatura acadêmica nacional e internacional.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Corte Constitucional Alemã (Länderfinanzausgleich, 1999) determinou que a redistribuição de receitas entre estados não pode comprometer investimentos regionais em ciência e tecnologia.

Na Espanha, a STC 31/2010 reconheceu a tributação local como instrumento de soberania política das comunidades autônomas.

Nos Estados Unidos, a decisão McCulloch v. Maryland (1819) consagrou que “o poder de tributar envolve o poder de destruir”, limitando a centralização.

No Brasil, o STF, na ADI 939/DF (1993), declarou a autonomia financeira dos entes federados como cláusula pétrea do federalismo.

Esses precedentes demonstram que a autonomia fiscal é condição de autonomia científica. Sem liberdade para definir prioridades, o sistema de inovação se torna dependente do centro arrecadador.

A EC 132/2023 extingue a vinculação direta de receitas do PIS/PASEP, COFINS e ICMS aos fundos de CT&I.

Com o novo IBS e CBS, a repartição passa a depender de um Conselho Federativo, reduzindo a previsibilidade de repasses.

Relatórios da CNI (2024) e da FINEP (2025) indicam que a transição pode gerar instabilidade financeira para projetos científicos de longo prazo.

Entretanto, há potenciais ganhos estruturais: o novo sistema reduz cumulatividade, amplia transparência e pode viabilizar créditos tributários de inovação — modelo utilizado em países da OCDE.

Para isso, é essencial que a regulamentação garanta:

Percentual fixo do IBS/CBS destinado ao FNDCT;

Créditos fiscais automáticos para dispêndios em P&D;

Governança interfederativa com participação das ICTs e universidades públicas.

Sem esses mecanismos, a reforma corre o risco de enfraquecer a capacidade de inovação dos estados e concentrar decisões em Brasília, contrariando o espírito do art. 219-B da Constituição, que institui o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A Reforma Tributária de 2023 é, ao mesmo tempo, um ato de racionalização fiscal e um teste de soberania científica.

Se aplicada sem mecanismos de compensação, pode comprometer a autonomia federativa e o financiamento descentralizado da inovação.

Mas, se combinada com instrumentos de vinculação e incentivos tecnológicos, poderá fortalecer o Estado empreendedor, aproximando o Brasil dos modelos de inovação soberana praticados por nações industrializadas.

A soberania fiscal e a soberania científica são faces da mesma moeda: a primeira arrecada; a segunda transforma.

Um país que tributa com inteligência investe em conhecimento; um país que centraliza sem propósito apenas administra dependência.

O verdadeiro desafio da Reforma Tributária é transformar eficiência arrecadatória em autonomia tecnológica nacional — condição essencial para o desenvolvimento e a segurança econômica do Brasil.

## **REFERÊNCIAS**

BERCOVICI, Gilberto. Soberania e federalismo no Brasil. São Paulo: Alameda, 2019.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 132, de 20 de dezembro de 2023. Diário Oficial da União, Brasília, 21 dez. 2023.

CARL SCHMITT. Teoria da constituição. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011 [1928].

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Impactos da Reforma Tributária na Inovação e Competitividade Industrial. Brasília: CNI, 2024.

ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Science, Technology and Innovation Outlook 2023. Paris: OECD Publishing, 2023.

EROS ROBERTO GRAU. A ordem econômica na constituição de 1988. 17. ed. São Paulo: Malheiros, 2018.

HELENO TAVEIRA TORRES. Direito tributário e justiça fiscal. 2. ed. São Paulo: RT, 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Notas Técnicas sobre Reforma Tributária e Inovação. Brasília: IPEA, 2024.

KALDOR, Nicholas. Essays on economic policy. London: Duckworth, 1960.

KEYNES, John Maynard. A teoria geral do emprego, do juro e da moeda. São Paulo: Abril Cultural, 1983 [1936].

MAZZUCATO, Mariana. O Estado empreendedor. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

MAZZUCATO, Mariana. Mission economy: a moonshot guide to changing capitalism. London: Penguin, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). Science Report 2022. Paris: UNESCO, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL (WIPO). World Intellectual Property Indicators 2023. Geneva: WIPO, 2023.

---

**Terras Raras e Soberania**

**Estudos do 1º Congresso Brasileiro sobre Terras Raras e Soberania (COBRAS)**

PIKETTY, Thomas. Capital e ideologia. Paris: Seuil, 2019.

SCHUMPETER, Joseph A. Teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1988 [1934].

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL (STF). Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 939/DF. Rel. Min. Celso de Mello. Diário da Justiça, Brasília, 1993.

TRIBUNAL CONSTITUCIONAL DA ESPANHA. Sentencia 31/2010. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 2010.

TRIBUNAL CONSTITUCIONAL FEDERAL ALEMÃO. Länderfinanzausgleich Urteil. Karlsruhe: BVerfG, 1999.