

ENGENHARIA DE SOBERANIA ESTRATÉGICA: UM FRAMEWORK TEÓRICO-METODOLÓGICO PARA A CONVERSÃO DE RECURSOS ESTATAIS EM CAPACIDADE AUTÔNOMA

STRATEGIC SOVEREIGNTY ENGINEERING: A THEORETICAL-METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE CONVERSION OF STATE RESOURCES INTO AUTONOMOUS CAPACITY

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-183>

Submetido em: 31/08/2026 e Publicado em: 10/09/2026

SAS: e26409

Amadeu Robalinho Dantas da Gama Neto

E-mail: estaleiro@robalinho.eng.br

Resumo

Este artigo formula o arcabouço teórico-metodológico da Engenharia de Soberania Estratégica (ESE) — um campo interdisciplinar que investiga como Estados convertem dotações de recursos naturais, humanos, financeiros, tecnológicos e industriais em capacidade estratégica autônoma. A ESE articula três linhagens teóricas — economia política do desenvolvimento (List, Hamilton, Furtado), sistemas nacionais de inovação e complexidade econômica (Hausmann, Hidalgo, Nelson), e teoria do Estado desenvolvimentista (Evans, Johnson, Mazzucato) — em um framework operacional com definição, axiomas, métodos, indicadores e protocolo de aplicação empírica. O artigo diferencia a ESE de campos correlatos, apresenta um dashboard de soberania com indicadores mensuráveis e ilustra a aplicação por meio de estudos de caso comparados (Coreia do Sul, Brasil, China e Noruega). Demonstra-se que a autonomia estratégica é uma propriedade emergente de arquiteturas institucionais que integram industrialização dirigida, sistemas de inovação, base industrial de defesa e governança de cadeias críticas.

Palavras-chave: Autonomia tecnológica; Capacidade estatal; Complexidade econômica; Engenharia de Soberania Estratégica; Política industrial; Soberania.

Abstract

This article formulates the theoretical-methodological framework of Strategic Sovereignty Engineering (SSE) — an interdisciplinary field that investigates how states convert endowments of natural, human, financial, technological, and industrial resources into autonomous strategic capacity. SSE synthesizes three theoretical lineages — developmental political economy (List, Hamilton, Furtado), national innovation systems and economic complexity (Hausmann, Hidalgo, Nelson), and the developmental state tradition



(Evans, Johnson, Mazzucato) — into an operational architecture comprising definition, axioms, methods, indicators, and an empirical application protocol. The article differentiates SSE from adjacent fields, presents a sovereignty dashboard with measurable indicators, and illustrates the framework through comparative case studies (South Korea, Brazil, China, and Norway). It is demonstrated that strategic autonomy is an emergent property of institutional architectures integrating directed industrialization, innovation systems, a defense industrial base, and critical supply-chain governance.

Keywords: Economic complexity; Industrial policy; Sovereignty; State capacity; Strategic Sovereignty Engineering; Technological autonomy.

1 INTRODUÇÃO

A crise das cadeias globais de suprimento durante a pandemia de COVID-19, a escalada de sanções tecnológicas entre grandes potências e a emergência de domínios dual-use como semicondutores, inteligência artificial e biotecnologia reconfiguraram o conceito de soberania no século XXI. Não basta ao Estado controlar seu território; é necessário deter capacidade endógena de conversão — a habilidade de transformar recursos brutos em capacidades produtivas, tecnológicas e defensivas que garantam autonomia decisória sob condições de interdependência assimétrica.

Este artigo propõe a Engenharia de Soberania Estratégica (ESE) como disciplina de design institucional que responde à seguinte questão de pesquisa:

"Como um Estado pode arquitetar sistemas integrados — econômicos, tecnológicos, industriais e institucionais — capazes de converter suas dotações de recursos em capacidade estratégica autônoma, mensurável e resiliente a choques exógenos?"

A ESE não é mera recombinação de teorias existentes. Sua contribuição original reside em: (i) formalizar um processo de conversão em camadas (recursos → capacidades produtivas → complexidade → poder tecnológico → autonomia); (ii) operacionalizar a soberania por meio de indicadores quantitativos e protocolos de stress testing; e (iii) propor um método híbrido que combina análise de sistemas complexos, engenharia institucional comparada e avaliação experimental.

O artigo está estruturado em seis seções. A Seção 2 formula a definição operacional e os cinco axiomas da ESE. A Seção 3 apresenta seus métodos e indicadores. A Seção 4 diferencia a ESE de campos correlatos. A Seção 5 demonstra a aplicação empírica por meio de estudos de caso comparados e modelos analíticos. A Seção 6 conclui com implicações teóricas e práticas.



2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E DEFINIÇÃO OPERACIONAL

A transformação de recursos em autonomia estratégica é um processo de engenharia sistêmica que opera em camadas sucessivas e interdependentes.

2.1 O PROCESSO DE CONVERSÃO EM CINCO CAMADAS

2.1.1 Camada 1 — Recursos → Capacidades produtivas

Recursos naturais, humanos e financeiros constituem dotações potenciais que só se convertem em capacidades mediante intervenção institucional deliberada. A tradição inaugurada por Hamilton (1791) e List (1841) demonstrou que tarifas seletivas, políticas de conteúdo local e compras governamentais criam mercados cativos para indústrias nascentes, enquanto investimentos em infraestrutura de rede reduzem custos sistêmicos e amplificam retornos de escala. A educação técnica e superior alinhada às cadeias estratégicas fornece o input humano qualificado.

2.1.2 Camada 2 — Capacidades produtivas → Complexidade econômica

Nem toda indústria gera autonomia. O critério decisivo é a complexidade produtiva, formalizada por Hausmann & Hidalgo (2011) no Atlas of Economic Complexity. Países que produzem bens complexos acumulam capabilities tácitas de difícil replicação, criando barreiras de entrada que protegem a soberania econômica. O Índice de Complexidade Econômica (ECI) opera como indicador proxy da capacidade produtiva latente.

2.1.3 Camada 3 — Complexidade → Poder tecnológico endógeno

A autonomia exige inovação endógena. O modelo de Bell & Pavitt (1993) distingue setores science-based, supplier-dominated e information-intensive. Estados soberanos dominam ao menos um cluster science-based, onde o ciclo P&D→produção é interno ao sistema nacional. Os mecanismos incluem sistemas nacionais de inovação (Lundvall, 1992; Nelson, 1993), financiamento paciente e demanda pública como first buyer (Mazzucato, 2013).

2.1.4 Camada 4 — Poder tecnológico → Resiliência e defesa

A tecnologia dual (civil-militar) fecha o ciclo. O modelo linear de Vannevar Bush (1945) estruturou o sistema americano de P&D. A resiliência de cadeias de suprimento tornou-se dimensão crítica após a crise de semicondutores e a pandemia, exigindo estoques estratégicos, redundâncias e diversificação. A soberania digital (5G, nuvem, IA) emerge como domínio contemporâneo.



2.1.5 Camada 5 — Resiliência → Autonomia estratégica

O Estado atinge autonomia estratégica quando pode: (a) decidir sua política econômica sem condicionalidades; (b) defender território e infraestrutura; (c) manter serviços essenciais sob sanções; (d) desenvolver e absorver tecnologias de fronteira. O conceito de autonomia relativa de Evans (1995) é central: não se trata de autarquia, mas de capacidade de negociar a interdependência em termos favoráveis.

2.2 DEFINIÇÃO OPERACIONAL

Engenharia de Soberania Estratégica (ESE) é o campo interdisciplinar que estuda, projeta e implementa sistemas institucionais integrados — políticos, econômicos, tecnológicos, industriais e regulatórios — capazes de converter dotações de recursos de um Estado em capacidade endógena de autonomia decisória e operacional, mensurável por indicadores de complexidade produtiva, densidade tecnológica, resiliência de cadeias e independência de defesa.

A ESE é uma disciplina de design normativo-operacional: não apenas descreve como a soberania emerge, mas prescreve blueprints institucionais para construí-la deliberadamente.

2.3 AXIOMAS DA ENGENHARIA DE SOBERANIA ESTRATÉGICA

2.3.1 Axioma 1 — Conversão sistêmica

Recursos não geram autonomia por si sós; exigem arquitetura institucional que os converta em capabilities produtivas e tecnológicas (List, 1841; Hamilton, 1791; Furtado, 1959).

2.3.2 Axioma 2 — Irreversibilidade tecnológica

O gap de conhecimento tácito entre líderes e retardatários cresce de forma não linear (Arrow, 1962; Bell & Pavitt, 1993). Janelas de catching-up são finitas e exigem ação coordenada e tempestiva.

2.3.3 Axioma 3 — Interdependência assimétrica

Na economia globalizada, a interdependência é estruturalmente assimétrica (Baldwin, 2016). Quem controla chokepoints tecnológicos dita os termos da troca. Autonomia requer soberania sobre ao menos um cluster de chokepoints.

2.3.4 Axioma 4 — Soberania como bem público

A soberania é non-excludable e non-rivalrous ao nível societal. Falhas de mercado em P&D, infraestrutura crítica e defesa justificam intervenção estatal (Olson, 1965).

Axioma 5 — Recursividade institucional

As instituições que geram autonomia devem ser elas mesmas autônomas — insulated bureaucracy



(Evans, 1995) — protegidas contra captura por interesses privados ou pressões externas.

3 MÉTODOS, INDICADORES E DIFERENCIAÇÃO EPISTEMOLÓGICA

3.1 MÉTODOS DA ESE

3.1.1 Análise de sistemas complexos

Mapeamento da estrutura produtiva via Product Space (Hidalgo et al., 2007), identificação de adjacent possible, simulação de cadeias por agent-based modeling e análise de bottlenecks tecnológicos por patent mapping.

3.1.2 Engenharia institucional comparada

Desenho de policy blueprints baseados em análise most similar/most different (Skocpol & Amenta, 1986), mapeamento de instrumentos de política e identificação de lacunas entre capacidades estatais e necessidades estratégicas.

3.1.3 Avaliação empírica e experimental

Difference-in-differences, synthetic control (Abadie et al., 2010) e stress testing de cadeias produtivas sob cenários de sanções, pandemias e ciberataques (OECD, 2021).

3.2 INDICADORES — DASHBOARD DE SOBERANIA

A mensuração da autonomia estratégica exige um dashboard multidimensional:



Tabela 1

Dimensão	Indicador	Métrica	Fonte
Complexidade produtiva	ECI — Índice de Complexidade Econômica	Posição relativa no ranking global	Atlas of Economic Complexity
Densidade tecnológica	Patentes PCT per capita	Depósitos no escritório internacional	WIPO
Densidade tecnológica	Gasto P&D / PIB	% do PIB em pesquisa	OECD
Resiliência de cadeias	Dependência mineral estratégica	% importado de fontes únicas	USGS
Resiliência de cadeias	Exposição a monofornecedores	Índice de concentração de fornecedores	UNCTAD
Autonomia de defesa	Grau de nacionalização da BID	Valor agregado doméstico em defesa	SIPRI
Capacidade estatal	Qualidade burocrática	Indicador de capacidade estatal	World Bank WGI
Soberania digital	Dependência de TI crítica	% de infraestrutura sob controle nacional	UNCTAD
Resiliência financeira	Reservas / importações	Meses de cobertura em bloqueio	IMF

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas of Economic Complexity (Harvard Growth Lab), WIPO, OECD, USGS, UNCTAD, SIPRI, World Bank (WGI) e IMF (IFS), considerando as versões mais recentes disponíveis até agosto de 2026.

3.3 DIFERENCIAÇÃO EM RELAÇÃO A CAMPOS CORRELATOS

A ESE se posiciona epistemologicamente em relação a cinco campos:



Tabela 2

Campo	Objeto	Escopo	Relação com a ESE
Engenharia de Sistemas	Sistemas técnicos (hardware, software, processos)	Micro–meso	A ESE incorpora ferramentas de engenharia de sistemas, mas opera no nível macro-sistêmico: o Estado como sistema de sistemas. Adiciona a dimensão política ausente na engenharia clássica (Checkland, 1981).
Engenharia de Defesa	Sistemas de armas, logística militar, BID	Meso (setor)	A ESE é mais ampla: defesa é um sub-sistema. A ESE inclui soberania econômica, digital e sanitária.
Estudos Estratégicos	Doutrina militar, geopolítica, teoria da guerra	Macro (geopolítico)	A ESE é operacionalizante: traduz conceitos estratégicos em blueprints institucionais. Enquanto os Estudos Estratégicos analisam o que é poder, a ESE projeta como construí-lo.
Desenvolvimento Econômico	Crescimento, industrialização, redução da pobreza	Macro (econômico-social)	A ESE reorienta o desenvolvimento pela lente da autonomia: não basta crescer, é preciso crescer nas indústrias certas.
Política Industrial	Instrumentos de fomento setorial	Meso (política pública)	A política industrial é o toolkit; a ESE é o compass. A ESE define quais setores são estratégicos — e por quê.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Checkland (1981), Evans (1995), Mazzucato (2013) e Kattel et al. (2018).

4 APLICAÇÃO EMPÍRICA: ESTUDOS DE CASO COMPARADOS

4.1 PROTOCOLO DE APLICAÇÃO EM CINCO ETAPAS

1. Diagnóstico de capacidades: mapeamento da estrutura produtiva (Product Space), perfil de patentes, cadeias de suprimento críticas e vulnerabilidades de defesa.



2. Definição de domínios estratégicos: identificação de setores chokepoint onde a autonomia é não-negociável.
3. Desenho de instrumentos: mix de políticas calibrado por estágio de desenvolvimento.
4. Implementação com governança: criação de mission-oriented agencies com mandato claro.
5. Avaliação e adaptação: monitoramento por dashboard de soberania + stress tests periódicos + feedback loops de política.

4.2 ESTUDOS DE CASO

4.2.1 Caso 1 — Coreia do Sul: catching-up bem-sucedido

A Coreia do Sul partiu de base industrial precária em 1950 para se tornar líder global em semicondutores, displays e automóveis.

- Five-Year Economic Development Plans (desde 1962) combinaram proteção tarifária seletiva com metas de exportação.
- Foco progressivo em setores de crescente complexidade.
- KAIST (1971), ETRI (1976); gasto P&D de 0,4% do PIB (1970) para 4,8% (2023).
- Integração civil-militar (KAI, 1995) gerou spillovers tecnológicos.
- Fonte primária: Amsden (1989).

4.2.2 Caso 2 — Brasil: catching-up incompleto e desindustrialização precoce

O Brasil experimentou industrialização acelerada entre 1930 e 1980, mas a transição para a economia aberta nos anos 1990 resultou em desindustrialização precoce.

- Pontos fortes: Embraer, Petrobras (pré-sal), Butantan/Fiocruz, agronegócio.
- Lacunas: ECI em declínio relativo; gasto P&D ~1,2% do PIB; dependência de semicondutores e equipamentos médicos.
- Diagnóstico pela ESE: converteu recursos em capacidades produtivas, mas falhou em inovação endógena em setores science-based.
- Fontes primárias: Baer (2009); Furtado (1968).

4.2.3 Caso 3 — China: soberania tecnológica como projeto de Estado

A China combina industrialização acelerada com estratégia explícita de autonomia tecnológica.

- Made in China 2025: metas de conteúdo local em semicondutores, robótica e aeronáutica.
- Capital paciente: CIC (~US\$ 1,5 tri) e fundos setoriais.
- CHIPS Act (2022) dos EUA testa resiliência; resposta chinesa: investimento em chiplet design.
- Fonte primária: Lardy (2019).



4.2.4 Caso 4 — Noruega: recursos naturais → autonomia via institucionalidade

A Noruega demonstra que recursos naturais podem gerar autonomia quando canalizados por instituições robustas.

- Fundo Soberano (NBIM): ~US\$ 1,5 tri, mandato de longo prazo.
- Transição energética: eólica offshore e hidrogênio verde.
- Gasto P&D de 2,1% do PIB; universidades de classe mundial.
- Fonte primária: Collier & Venugopal (2007).

4.3 MODELOS ANALÍTICOS APLICÁVEIS

- Product Space (Hidalgo et al., 2007): identificação de adjacent possible.
- Triple Helix (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995): interação universidade–indústria–governo.
- Policy Mix Analysis (Kattel, Mazzucato & Teirlinck, 2018): coerência de instrumentos.
- Resilience Stress Testing (OECD, 2021): simulação de choques em cadeias críticas.

5 CONCLUSÃO

A Engenharia de Soberania Estratégica formaliza o que até aqui foi praticado de forma intuitiva ou fragmentada: a arquitetura deliberada de sistemas nacionais que convertem recursos em autonomia.

Sua contribuição teórica reside em três inovações: (i) formalização do processo de conversão em camadas; (ii) operacionalização da soberania via indicadores e stress testing; (iii) diferenciação epistemológica em relação a campos correlatos.

As limitações apontam para agendas futuras: formalização matemática via system dynamics, construção de um Sovereignty Index e estudos de caso longitudinais.

A ESE oferece um programa de pesquisa aplicada para Estados que buscam não apenas crescer, mas crescer nas direções certas — aquelas que preservam e ampliam sua autonomia decisória no século XXI.

REFERÊNCIAS

1. AMSDEN, Alice H. **Asia's Next Giant**: South Korea and Late Industrialization. Oxford: Oxford University Press, 1989.
2. ARROW, Kenneth J. "The Economic Implications of Learning by Doing". **Review of Economic Studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, 1962.
3. BAER, Werner. **An Economic History of Brazil**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
4. BELL, Martin & PAVITT, Keith. "Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts between Developed and Developing Countries". **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n. 2, p. 157-



210, 1993.

5. CHECKLAND, Peter. **Systems Thinking, Systems Practice**. Chichester: John Wiley & Sons, 1981.
6. COLLIER, Paul & VENUGOPAL, Rajesh. "The Political Economy of Resource-Driven Growth". **Oxford Review of Economic Policy**, v. 23, n. 2, p. 223-239, 2007.
7. EVANS, Peter B. **Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation**. Princeton: Princeton University Press, 1995.
8. FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1959.
9. FURTADO, Celso. **Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico**. 2. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1968.
10. HAUSMANN, Ricardo et al. **The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity**. Cambridge: Harvard University Press / MIT Press, 2011.
11. HAMILTON, Alexander. Report on the Subject of Manufactures (1791). In: SYRETT, Harold C. (ed.). **The Papers of Alexander Hamilton**, v. 10. New York: Columbia University Press, 1965.
12. HIDALGO, César A. & HAUSMANN, Ricardo. "The Building Blocks of Economic Complexity". **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.
13. JOHNSON, Chalmers. **MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy, 1925–1975**. Stanford: Stanford University Press, 1982.
14. KATTEL, Rainer; MAZZUCATO, Mariana & TEIRLINCK, Patrizio. "Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities". **UCL Institute for Innovation and Public Purpose**, Working Paper Series, 2018.
15. LARDY, Nicholas R. **The State Strikes Back: The End of Economic Reform in China?** Washington: Peterson Institute for International Economics, 2019.
16. LIST, Friedrich. **Das nationale System der politischen Ökonomie**. Stuttgart: Cotta, 1841.
17. LUNDVALL, Bengt-Åke (ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter Publishers, 1992.
18. MAZZUCATO, Mariana. **The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths**. London: Demos, 2013.
19. NELSON, Richard R. (ed.). **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
20. OLSON, Mancur. **The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups**. Cambridge: Harvard University Press, 1965.
21. SKOCPOL, Theda & AMENTA, Edwin. "States and Social Revolutions: A Comparative Analysis



— Reconsidered". **Annals of the American Academy of Political and Social Science**, v. 485, p. 14-32, 1986.

22. ATLAS OF ECONOMIC COMPLEXITY. **Harvard Growth Lab**. Disponível em: <https://growthlab.cid.harvard.edu/data>. Acesso em: agosto 2026.
23. OECD. **Main Science and Technology Indicators**. Paris: OECD Publishing, 2024.
24. OECD. **Resilience in the Face of Shocks: Policy Guidance**. Paris: OECD Publishing, 2021.
25. SIPRI. **Arms Transfers Database**. Stockholm: SIPRI, 2024.
26. UNCTAD. **Statistical Databases**. Geneva: UNCTAD, 2024.
27. USGS. **Mineral Commodity Summaries**. Reston: U.S. Geological Survey, 2024.
28. WIPO. **World Intellectual Property Indicators**. Geneva: WIPO, 2024.
29. WORLD BANK. **Worldwide Governance Indicators**. Washington: World Bank Group, 2024.
30. BUSH, Vannevar. **Science, The Endless Frontier** (Report to the President, 1945). Washington: U.S. Government Printing Office, 1945.
31. UNITED STATES. **CHIPS and Science Act of 2022** (Public Law 117–167). Washington: U.S. Congress, 2022.