



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

HENRIQUE MORAES FURTADO, Maj Av

**Um olhar sobre a Política Nuclear Brasileira e as Expressões do Poder Nacional
enquanto soberania, através da perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

HENRIQUE MORAES FURTADO, Maj Av

**Um olhar sobre a Política Nuclear Brasileira e as Expressões do Poder Nacional através
da perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,
como requisito parcial para aprovação, no
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.
Linha de Pesquisa: Política e Defesa
Internacional.

Orientador: Eduardo Sol Oliveira da Silva Prof
Dr.

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

A produção de energia acompanha o desenvolvimento das nações, sendo considerada fator de grande relevância nas análises de soberania. No Brasil, as expectativas de crescimento demandam a ampliação da sua matriz de produção energética. Tal situação somada a estudos que apontam a tendência de esgotamento das fontes hídricas de produção, trazem a necessidade da busca por outras formas de geração. Da análise de sua viabilidade e vantagens, este estudo foca nos benefícios do uso de fontes de geração nuclear. Ao discorrer sobre os objetivos da Política Nuclear Brasileira, sob o enfoque da Teoria Geral dos Sistemas, este trabalho tem como objetivo analisar a relação entre a Política Nuclear Brasileira e as expressões do Poder Nacional no aditamento da soberania brasileira. Partindo de uma pesquisa bibliográfica e documental, o trabalho aprofunda no entendimento do conceito de soberania e sua relação com o Poder Nacional; na matriz energética brasileira enquanto um sistema, com suas qualidades e limitações; e na viabilidade de o Brasil investir e desenvolver a tecnologia nuclear enquanto fonte segura e capaz de garantir as demandas energéticas futuras. Da aplicação da Teoria Geral dos Sistemas sobre os objetivos da Política Nuclear Brasileira este trabalho identifica os fundamentos, fatores ou características das Expressões do Poder Nacional com os quais há relação de sinergia, forma pela qual o cumprimento de tais objetivos apresenta potencial para fortalecer a soberania nacional.

Palavras-chave: Teoria Geral dos Sistemas; Política Nuclear Brasileira; Expressões do Poder Nacional; soberania.

ABSTRACT

Energy production follows the development of nations, being considered a factor of great relevance in the analysis of sovereignty. In Brazil, growth expectations demand the expansion of its energy production. This situation added to studies that point to the tendency of depletion of water sources of production, bring the need to search for other forms of generation. From the analysis of its feasibility and advantages, this work delves into the benefits of using nuclear generation sources. When discussing the objectives of the Brazilian Nuclear Policy, under the focus of the General Theory of Systems, this work aims to analyze the relationship between the Brazilian Nuclear Policy and the expressions of National Power in the amendment of Brazilian sovereignty. Starting from a bibliographical and documental research, the work deepens the understanding of the concept of sovereignty and its relationship with the National Power; in the Brazilian energy matrix as a system, with its qualities and limitations; and the feasibility of Brazil investing and developing nuclear technology as a safe source capable of guaranteeing future energy demands. From the application of the General Theory of Systems to the objectives of the Brazilian Nuclear Policy, this work identifies the fundamentals, factors or characteristics of the Expressions of National Power with which there is a synergy relationship, way in which the fulfillment of such objectives has the potential to strengthen national sovereignty.

Keywords: *General Theory of Systems; Brazilian Nuclear Policy; Expressions of National Power; sovereignty.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Objetivos da PNB destacados pelo PNE	20
Quadro 2 – Objetivos da PNB vinculados à expressão Política do PN.....	21
Quadro 3 – Objetivos da PNB vinculados à expressão Econômica do PN	23
Quadro 4 – Objetivos da PNB vinculados à expressão Psicossocial do PN.....	24
Quadro 5 – Objetivos da PNB vinculados à expressão Militar do PN	25
Quadro 6 – Objetivos da PNB vinculados à expressão Científica e Tecnológica do PN	27
Quadro 7 – Análise do objetivo 11	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução dos Indicadores brasileiros	19
Tabela 2 – Vinculação entre os objetivos da PNB e as expressões do PN	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
BEN-21	Balanço Energético Nacional ano 2021
END	Estratégia Nacional de Defesa
ESG	Escola Superior de Guerra
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
NSI	National Security Index
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PN	Poder Nacional
PNB	Política Nuclear Brasileira
PNE	Plano Nacional de Energia
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
TNP	Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	METODOLOGIA.....	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Soberania	12
3.2	A Produção Energética Brasileira e a Teoria Geral dos Sistemas	16
3.3	A Energia Nuclear	17
4	APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	18
4.1	Expressão Política	21
4.2	Expressão Econômica	23
4.3	Expressão Psicossocial.....	24
4.4	Expressão Militar.....	25
4.5	Expressão Científica e Tecnológica.....	27
4.6	Considerações Finais	28
4.6.1	Objetivo 11: Garantir o Gerenciamento Seguro dos Rejeitos Radioativos	28
4.6.2	Visão Geral	29
5	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

As questões energéticas vêm ganhando espaço nas pautas mundiais, seja pelo aumento crescente da demanda de energia, ou pela escassez e grande dependência dos combustíveis fósseis, que constituem as maiores fontes de energia da atualidade. Neste cenário de aumento da demanda e limitação de oferta, torna-se imperativo a diversificação da matriz energética brasileira, bem como sua ampliação, com foco nas fontes de energia limpa, em atenção às políticas mundiais de minimização das emissões do carbono.

Partindo da análise da matriz energética brasileira, conforme dados publicados no Balanço Energético Nacional 2021 (BEN-21), documento oficial que tem por finalidade apresentar a contabilização relativa à oferta e ao consumo de energia no Brasil, pode-se observar a dependência do país quanto às fontes hídricas de geração de energia, que constituem mais de 60% da produção total.

A estiagem observada nos últimos anos e consequentes baixas nos reservatórios hídricos nacionais, levaram a políticas de racionamento, expondo que a grande dependência desse modelo de geração de energia traz limitações que obrigam o país a desestimular o consumo nesses momentos. Para além dos impactos diretos na qualidade de vida da população, tais restrições podem representar impedimentos futuros para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país, estagnando toda a economia brasileira e perspectivas de melhorias na qualidade de vida.

Diante dessa realidade, faz-se mister um olhar sobre os recursos da nação para a identificação de suas possibilidades, seja para o território propriamente dito, através das riquezas naturais; seja para o povo, com seu conhecimento e talentos; seja para seus meios, com as tecnologias disponíveis e sua capacidade de gerenciamento e aprimoramento, de modo a buscar uma solução viável, sustentável e que atenda seus anseios e demandas.

Através desse olhar, não seria surpreendente identificar a energia nuclear como uma das opções mais viáveis para o Brasil, haja vista que fontes de energia como a solar e a eólica, apesar de sua grande expansão no mercado atual, não representam fontes confiáveis para a composição básica de uma matriz de geração de energia, cabendo-lhes um papel apenas complementar dado sua imprevisibilidade na geração.

Detentor de uma das maiores reservas de urânio do mundo, o Brasil possui um parque tecnológico que, embora reduzido, está em sintonia com as tecnologias mais atuais utilizadas internacionalmente. Em complemento, pertence ao pequeno grupo de nações que dominam todo o ciclo de enriquecimento de urânio e todo o complexo processo de produção de combustível

nuclear, desde sua mineração até a aplicação em reatores de grandes usinas. Soma-se a tais características brasileiras o fato de a energia nuclear apresentar alto índice de confiabilidade na previsão de sua geração, ser limpa e de baixo impacto ambiental.

Apesar das críticas e temores acerca da energia nuclear, esse modelo de geração é empregado em diversos países, com destaque para a França e a Bélgica, cujas matrizes energéticas têm mais da metade de sua composição representada por essa fonte. Além disso, o domínio e emprego pleno desse modelo de energia representam alto nível de maturidade tecnológica dessas nações e destaque internacional, seja por conta das demandas pacíficas (além da energia elétrica, a tecnologia nuclear contribui para diversas áreas, da saúde à engenharia), seja pela expressão de suas possibilidades militares.

Signatário do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), o Brasil apresenta o setor nuclear como estratégico em sua Política Nacional de Defesa, tendo em vista que, independentemente da produção de armamentos, a indústria de defesa pode utilizar-se desse conhecimento para outros projetos, dentre os quais destaca-se o do submarino nuclear. Fato é que o desenvolvimento de tal tecnologia tem potencial sinérgico sobre diversos setores de uma nação, com potencial para agregar significativos polos científicos e industriais, que vão muito além da geração de energia em si.

Com as perspectivas de crescimento econômico e de aumento da qualidade de vida da população projetadas para o ano de 2030, o Brasil vive um momento no qual precisa expandir sua oferta de energia elétrica, analisando e definindo estratégias para atender adequadamente o seu mercado consumidor, desde os setores residenciais até os grandes polos industriais.

É diante desse contexto que este trabalho se propõe discutir sobre a viabilidade e importância da energia nuclear enquanto fonte de energia limpa, segura e capaz de produzir efeitos significativos na soberania do país, através de contribuições diretas às Expressões do Poder Nacional (PN). Dessa forma, a análise da energia nuclear enquanto apropriada e sinérgica se dará através de relações entre os principais objetivos da Política Nuclear Brasileira (PNB) e cada uma das Expressões do PN, que serão adotadas como ferramenta para representar a soberania do país na condução de assuntos do seu interesse em um cenário futuro.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta-se como uma pesquisa documental e bibliográfica, de natureza qualitativa, na qual, conforme classificação elaborada por Gil (2017), foi realizado um

estudo exploratório dos materiais utilizados no intuito de adquirir maior familiaridade com a temática em questão.

Adotando-se uma visão sistêmica sobre o assunto, ficou assim definida a hipótese de pesquisa: O desenvolvimento do setor nuclear produz efeitos sinérgicos em todas as expressões do PN, contribuindo para a soberania do país. Desta forma, o Objetivo Geral deste trabalho é analisar, através da Teoria Geral dos Sistemas, a relação entre a Política Nuclear Brasileira e as expressões do Poder Nacional no aditamento da soberania.

Para o entendimento deste trabalho, o OE-1 – Correlacionar Soberania, PN e produção de energia, foi alcançado através de uma abordagem inicial do conceito de soberania, como ela se relaciona com o conceito de PN adotado pela Escola Superior de Guerra (ESG), e a apresentação de alguns estudos de relevância que consideram a produção de energia como um dos principais fatores contribuintes para manutenção da soberania nacional.

O conceito adotado tomou por base a pesquisa apresentada por Miranda (2004), onde defende que as diferentes definições de soberania apresentam em comum a capacidade de cada estado de conduzir autonomamente seus interesses, sem interferências externas. Tal conceito converge ao de PN, que possui cinco expressões (científico e tecnológica, psicossocial, política, econômica e militar). Cada uma dessas expressões possui características que constituem sua essência, que são os seus fundamentos; tais fundamentos, quando estimulados por algum fator, podem vir a tornarem-se mais importantes e atuantes em todas as esferas da sociedade, o que o fortalece e, conseqüentemente, fortalece o PN como um todo.

Ainda dentro da análise da soberania e do PN, foram apresentados estudos que destacaram a capacidade de produção energética como representando uma parcela significativa no valor de diferentes equações que visam quantificar o grau de autonomia de uma nação. Tais estudos evidenciam a importância do tema, chegando a colocá-lo no mesmo patamar de relevância que a produção de armas nucleares.

O OE-2 – Apresentar um panorama atual da produção energética brasileira com suas restrições e potencialidades, foi atingido através da transcrição dos dados apresentados no BEN-21 e em outros documentos oficiais, descrevendo o perfil da matriz energética brasileira, desde suas principais fontes até as de menor importância.

Para a análise da matriz, tomou-se uma abordagem pelo viés da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), de Bertalanffy (2010). Utilizou-se a definição de Goldratt (2013) para gargalos de produção para identificar que há limitantes de desempenho na matriz brasileira, representada majoritariamente pelas fontes hídricas. Daí aplicou-se as definições de Uhlmann (1997) para conectividade, que estabelece que para aliviar uma fonte de produção, deve-se buscar uma fonte

diferente. Tal perspectiva, somada aos estudos de Montalvão (2012) e de Barros, Schutte e Sanná (2012) identificaram a fonte de energia nuclear como uma boa opção para suprir as demandas da matriz energética brasileira.

O OE-3 – Discorrer sobre o uso da energia nuclear e sua importância enquanto setor potencial para amplo desenvolvimento, foi atingido com base nos estudos de Barros, Schutte e Sanná (2012) e de Montalvão (2012) que apresentaram a energia nuclear como uma fonte limpa, cujos resíduos são mais fáceis de controlar do que de outras fontes e, por ser uma fonte estável e sem sazonalidades, o que dá previsibilidade na sua produção.

Já os estudos de Guimarães e Mattos (2011) concluíram o OE-3 ao apresentar dados sobre as jazidas de urânio existentes dentro do território brasileiro, e a capacidade do país para explorá-lo, por dominar toda a técnica, tanto da extração e enriquecimento, quanto da produção do elemento combustível, evidenciando o grande potencial de desenvolvimento da tecnologia no Brasil.

Para atingir o OE-4 – Analisar as colaborações dos objetivos da PNB para as Expressões do PN, a partir dos principais objetivos da PNB, de acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE), o trabalho segmentou a análise de duas maneiras, de forma a facilitar sua análise: Inicialmente, adotou-se a Análise de Conteúdo de Minayo (2014), para a qual, cada expressão do PN representou uma categoria a ser estudada isoladamente. Em seguida, dentro de cada categoria elencada (Expressões Política, Econômica, Psicossocial, Militar e Científica e Tecnológica), cada objetivo da PNB em análise foi desmembrada nos quatro momentos apresentados pela TGS (inputs-processos-outputs-feedback).

Dessas segmentações foram realizadas as análises propostas pelo OE-4, fazendo as vinculações de cada objetivo com os fundamentos, fatores ou características de cada Expressão. Nesse ponto, levou-se em conta a transdisciplinaridade de cada Expressão, na qual todos os objetivos poderiam ser analisados pelo viés de todas as cinco expressões; dessa forma, este trabalho apresentou apenas os objetivos que representaram maior potencial de atuação dentro de cada categoria, evitando redundâncias.

Dessa análise evidenciou-se que o desenvolvimento da tecnologia nuclear, através do atingimento dos objetivos da PNB destacados pelo PNE atua positivamente dentro de todas as cinco expressões, fortalecendo-as de diferentes modos: atribuindo maior relevância política internacional ao país, expandindo a economia, redimensionando necessidades militares, alterando a percepção da população e sua cultura e potencializando a ocorrência de inovações tecnológicas capazes de beneficiar o Brasil no comércio mundial são algumas das colaborações identificadas neste trabalho.

Por fim, da conclusão de todos OE, atingiu-se o Objetivo Geral, cuja análise final apresentou que, do fortalecimento das Expressões do PN, o país tem como resultado final maiores condições de conduzir suas políticas conforme o interesse do seu povo, estando menos sujeito aos fatores e limitações externas ao Brasil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Soberania

A soberania é um processo e um fenômeno de vinculação, pois é dependente de seu reconhecimento pelos outros Estados-Nação presentes no ambiente internacional. Pode-se dividir o exercício da soberania em no mínimo três esferas: soberania econômica, política e jurídica. Todas têm em comum a capacidade de cada estado de conduzir autonomamente seus interesses, sem interferências externas. Portanto, a soberania pode ser entendida como a independência de cada país no que diz respeito a qualquer poder externo que possa limitar o Estado na esfera internacional, mesmo que necessite de reconhecimento de outras nações para ser validada (MIRANDA, 2004).

“Entre os desejos infinitos do homem, os principais são os desejos de poder e de glória” (Russel, 1957, p. 5). Há uma percepção histórica de que as relações de poder permeiam humanidade, possuindo impacto direto no modo de organização social, o que faz deste um objeto central para os estudos das Ciências Sociais, principalmente pelo viés da imposição da vontade. Nesse sentido, Galbraith (2007, p. 3) afirma que “quanto maior a capacidade de impor tal vontade e atingir o correspondente objetivo, maior é o poder”. Em complemento, Weber (2021) afirma que poder é a probabilidade de realizar a própria vontade independentemente da vontade alheia e Aron (2018), define poder como a capacidade de uma entidade política de impor sua vontade a outras.

Na busca por meios que facilitassem mensurar o PN, Tellis et. al. (2000) delinearão três dimensões de análise. A primeira é voltada aos recursos nacionais, que representam a matéria prima disponível para permitir que uma nação atinja um nível tal de desenvolvimento no qual tenha condições de estar na vanguarda de inovação, dominando os ciclos econômicos e ampliando sua representatividade internacional através da formação de uma Força Armada de grande capacidade, preparada e eficiente. Para tal, avalia-se o capital disponível, os recursos humanos, recursos físicos (geografia), tecnologia e empreendimento. A segunda dimensão trata da performance nacional: infraestrutura, restrições externas e fontes ideacionais

(comprometimento da população em obter poder e riqueza para o seu país). A terceira é a forma como está estruturada, suas instituições e mecanismos para transformar os recursos nacionais em instrumentos tangíveis de poder.

Nos conceitos apresentados, a definição de soberania é similar ao conceito de PN apresentado nos Fundamentos do PN (2022), de forma resumida, como a capacidade que tem a Nação para alcançar e manter os Objetivos Nacionais, em conformidade com a Vontade Nacional.

Na ótica adotada pelo Ministério da Defesa, o PN pode ser expresso através de cinco características: Política, Econômica, Militar, Científico e Tecnológica e Psicossocial. Ressalta-se que o PN é um só e que para fins de facilitar o entendimento da sua aplicabilidade como instrumento político, é dividido em cinco expressões. Da mesma maneira, cada uma de suas expressões, mesmo sendo definida individualmente, não pode ser considerada de maneira isolada quanto ao seu emprego (BRASIL, 2012).

No âmbito da sociedade nacional, organizam-se historicamente instituições e grupos que interagem e têm as funções de interpretar os interesses e aspirações do Povo. Essas instituições buscam identificar e estabelecer Objetivos Nacionais e orientar sua conquista e preservação. Elas, em interação, constituem a forma pela qual a Nação se expressa politicamente. A essas interações e seus efeitos denomina-se Expressão Política do Poder Nacional (BRASIL, 2022).

A Expressão Política possui três fundamentos: o Povo, definido por Miranda (2004) como o grupo que se coloca sob a tutela do mesmo Direito; o Território, que é o espaço onde há noção de identidade, laços culturais e onde se aplica uma política comum, constituindo a base do poder do Estado; e as Instituições Políticas, que refletem a essência do povo e sua cultura, buscando estabelecer unidade diante de posturas divergentes.

Segundo Miranda (2004), as instituições que conduzem a nação podem apresentar duas posturas complementares: uma voltada para as ações internas do país, atuando de forma a manter a paz entre os membros da sociedade, permitindo ao Estado a garantia da ordem e possível postura de confronto ante outros Estados no ambiente internacional. E outra voltada para políticas entre Estados, buscando relações de equilíbrio de âmbito internacional e podendo utilizar a guerra como instrumento para a manutenção desse equilíbrio.

De acordo com Weber (2021), uma característica específica da Expressão Política é a de caber-lhe a alocação coercitiva dos valores mais relevantes do povo, consentindo que o Estado, enquanto instituição da Nação, o faça até mesmo com o uso da força de que dispõe.

A Expressão Econômica do Poder Nacional é representada pela produção, distribuição e consumo de bens e serviços, nos âmbitos interno e externo; abrange as ações do Homem na busca de recursos para satisfazer suas necessidades de toda ordem e contribui para alcançar e manter os Objetivos Nacionais (BRASIL, 2022).

A Expressão Econômica possui três fundamentos: o recurso humano, considerado predominante por ser produtor e consumidor, organizador e executor do processo produtivo, e por ser o seu maior beneficiário; os recursos naturais, que podem ser potenciais, pela disponibilidade, ou atuais, pela utilização imediata nas atividades produtivas da nação, valendo tanto ou mais do que a disponibilidade, a eficiência do seu aproveitamento; e as instituições econômicas, resultante da evolução das relações econômicas, refletindo padrões de comportamento, regulações e estímulos.

O conceito de mercado está abarcado por esta Expressão, fazendo-se importante conceituá-lo como as relações interativas de oferta e procura por bens e serviços, com relações de troca baseadas em práticas estabelecidas historicamente e fundamentadas na reciprocidade de benefícios. O mercado é dual, podendo ser interno, com relações de troca dentro do país, e externo, quando as trocas ocorrem entre diferentes países. Esse mercado pode sofrer interferências consideráveis pelo surgimento de inovações tecnológicas que modifiquem o modo de vida e os processos de produção.

A Expressão Psicossocial abrange pessoas, ideais, instituições, normas, estruturas, grupos, comunidades, recursos e organizações, integrados num vasto complexo, orientado para o alcance de objetivos sociais valiosos, situados no seu campo de atuação e além, que possam satisfazer às necessidades, aos interesses e às aspirações da sociedade. Ocupa-se, principalmente, com a realidade da pessoa humana e com a sua participação na vida em sociedade. A Expressão Psicossocial reflete, portanto, o grau de satisfação da pessoa humana em suas atividades e nos contextos sociais pelos quais ela busca se realizar (BRASIL, 2022).

A Expressão Psicossocial possui três fundamentos: a pessoa humana, que é o produto cultural mais completo resultante do processo de socialização; o ambiente, físico ou social, considerado o condicionante mais significativo relacionado à pessoa e; as instituições sociais, que são estruturas normativas que conduzem ao alcance de interesses socialmente desejados e reconhecidos.

Um Estado tem várias atribuições, sendo uma delas a de prover a segurança e a defesa necessárias para que a sociedade possa se desenvolver e alcançar seus objetivos. Para tanto deverá garantir condições que venham a dissuadir agressões ou mesmo pressões políticas ou econômicas que possam impedir ou prejudicar seu progresso e desenvolvimento. A Expressão

Militar do PN tem no emprego da força, ou na possibilidade de usá-la, sua característica mais marcante, com o fim de desestimular possíveis ameaças ou, pelo menos, neutralizá-las (BRASIL, 2022).

A Expressão Militar possui três fundamentos: os recursos humanos, que constituem o elemento mais precioso dessa expressão, quanti e qualitativamente; o território, que por agregar valores histórico-culturais e recursos econômicos, constitui em sua integridade uma aspiração nacional que faz valer o emprego da força da Expressão Militar; e as Instituições Militares, que são os canais por onde as nações exercem a Expressão Militar do seu Poder.

A Expressão Científica e Tecnológica do Poder Nacional engloba os recursos humanos, financeiros e materiais em todas as atividades relacionadas à geração, disseminação e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, compreendendo, assim, a capacitação nacional em Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2022).

A Expressão Científica e Tecnológica possui três fundamentos: os recursos humanos, composto pelas pessoas envolvidas nas atividades de ciência e tecnologia; os recursos naturais e materiais, que compreende todos os elementos do universo natural e seus fenômenos, enquanto objeto de estudos; e as instituições científicas e tecnológicas, concretizadas através de instituições de governo, instituições de ensino e empresas atuantes em ciência e tecnologia que formam valores e conceitos pelos quais essa comunidade exerce suas atividades.

Em estudos sobre como mensurar o Poder de uma nação, Hwang (2008) desenvolveu o *Integrated State Power*, uma equação matemática na qual atribuiu pesos diferenciados para diferentes fatores que considerou constituírem o PN. Em sua proposta de mensuração do poder de uma nação, a variável mais significativa é a produção de energia elétrica, que, ao lado da capacidade de produção de armas nucleares, foi apresentada com o peso de 25% para toda a fórmula.

Na mesma intenção de mensurar o PN, o *National Security Council Secretariat*, da Índia, apresentou o *National Security Index* (NSI). Em sua atualização do ano de 2007 o NSI também apresentou a segurança energética com um percentual considerável para sua equação, correspondendo a 20% da fórmula final.

Percebe-se que a capacidade de geração de energia de uma nação tem grande correlação com a percepção de PN, vindo a representar 25% e 20% do total das fórmulas apresentadas pelos estudos acima. Ressalta-se que o NSI é utilizado oficialmente pelo do Conselho de Segurança Nacional da Índia como ferramenta de mensuração do PN.

3.2 A Produção Energética Brasileira e a Teoria Geral dos Sistemas

Nessa terceira etapa cada objetivo da PNB foi segmentado para análise dentro dos quatro momentos importantes a serem observados em um sistema, conforme apontado por Bertalanffy (2010):

- 1) *Inputs*: As entradas, que compreendem os elementos ou recursos físicos e abstratos de que o sistema é feito, incluindo todas as influências e recursos recebidos do meio ambiente;
- 2) *Processos*: é a dinâmica que transforma o elemento de entrada em resultados;
- 3) *Outputs*: As saídas ou resultados são os produtos do sistema;
- 4) *Feedback*: é o que ocorre quando a saída de um sistema a ele retorna, reforçando ou modificando o comportamento do sistema.

O Brasil destaca-se no mundo por possuir uma matriz de produção energética composta por mais de 70% de fontes limpas e renováveis. Desse perfil de fonte

cerca de 90% da energia vem de fontes de água limpas, acessíveis e renováveis. As usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2, assim como as termelétricas a gás, garantem a completa complementaridade térmica exigida pelo sistema, de aproximadamente 10%. A biomassa e o vento também estão contribuindo cada vez mais. (GUIMARÃES; MATTOS, 2008, p. 8)

As diferentes fontes componentes dessa matriz encaixam-se na definição de sistema dada por Lopes, Silva e Goulart (2015) como conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização procurando atingir um objetivo. A vertente sistêmica assume pressupostos que compreendem uma visão expansionista, não limitando-se a análise isolada das partes constituintes do sistema, mas reconhecendo a inter-relação entre as partes e as partes e o sistema. Segundo Bertalanffy (2010), propositore da TGS, o estudo das partes representa um fenômeno maior, onde o sistema como um todo é maior do que o resultado da soma de cada elemento que o constitui.

Apesar de estar entre os maiores produtores de energia do mundo, o Brasil tem a necessidade de desestimular o consumo interno para aliviar a matriz de produção em momentos de escassez hídrica, aplicando tarifas que repassam custos de produção diretamente ao consumidor final. Ainda assim, a demanda requer a importação de energia de países vizinhos, expondo o grau dependência e vulnerabilidade no setor.

O comportamento acima exemplifica a complexidade, que é outro elemento que caracteriza um sistema. Segundo Goldratt (2013), a complexidade trata da relação não apenas entre seus elementos constituintes, mas também com a sua demanda externa. Em muitos cenários, a complexidade só é percebida quando ocorre um pico de demanda ou quando esta

crece gradativamente, expondo as restrições do sistema (ou seus gargalos); uma restrição é qualquer coisa que limite um sistema de atingir um desempenho superior em relação à sua meta

Ao refletir sobre formas para complementação da matriz energética brasileira, faz-se importante considerar outra característica de um sistema: a conectividade. Segundo Uhlmann (1997) a conectividade é o parâmetro que exprime a capacidade de os elementos de um determinado conjunto, e o próprio conjunto estabelecerem relações, conexões. Tais conexões fazem com que o aumento na geração de energia proveniente de um tipo de fonte possui relação direta com o alívio na demanda de outra fonte de energia, uma vez que estes elementos estão diretamente conectados. Se o alívio de um tipo de produção depende da participação de uma fonte diferente, parte-se para a busca de soluções que não se baseiem apenas em fontes hídricas.

Em complemento, Montalvão (2012), cita a perspectiva de esgotamento do potencial hídrico a partir de 2020, levando a uma necessidade de maior oferta térmica. Ainda segundo o autor, as fontes de biomassa, eólica e solar não são adequadas para a expansão de uma matriz nacional, sendo mais indicadas enquanto fontes suplementares, por não proporcionarem segurança energética, com fatores de estabilidade e confiabilidade no fornecimento. Corroborando com esse dado, Barros, Schutte e Sanná (2012), afirmam que para garantir a segurança energética do país, ou seja, gerar energia estável de forma sistemática, as termelétricas que produzem eletricidade ao menor preço são a nuclear e as termelétricas que queimam carvão. Tais estudos levam à reflexão quanto às vantagens do uso da energia nuclear.

3.3 A Energia Nuclear

Apesar da grande expectativa criada para seu uso industrial, a energia termonuclear acabou ficando marcada pelo grande medo da comunidade internacional, especialmente pela memória da destruição das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki e do arsenal potencialmente destrutivo representado pelos Estados Unidos e pela antiga União Soviética.

Em contraponto a essas percepções, a energia nuclear apresenta aspectos positivos relevantes, como o fato de emitir baixos índices de gases de efeito estufa, de que seus resíduos são mais fáceis de controlar do que outras fontes e, do ponto de vista da segurança energética, sua produção é estável e sem sazonalidade, apresentando-se como uma boa opção para a diversificação da matriz energética de um país, garantido a autonomia e a soberania nacional (BARROS; SCHUTTE; SANNÁ, 2012).

Quanto aos seus rejeitos radioativos, um quilo de urânio produz cerca de 10 milhões de vezes a energia de uma quantidade equivalente de carvão ou petróleo. Montalvão (2012)

exemplifica que as usinas nucleares do Reino Unido produziram o equivalente a 10 metros cúbicos de resíduos atômicos de alto nível ao longo de seus 50 anos de atividade. É do tamanho de uma casa pequena. Se colocados em uma caixa de concreto, os resíduos estarão completamente seguros e a perda de calor (dos resíduos) ainda poderá ser usada para aquecer a casa.

Segundo Montalvão (2012), pelas características apresentadas, a combinação de energia renovável e energia nuclear recebe forte apoio de muitos ambientalistas conhecidos, que consideram que o risco de que a energia nuclear representa para a biodiversidade é muito menor do que os riscos provindos da energia fóssil, e que seu uso é ideal para combater o aquecimento global.

Por essas vantagens, o uso da energia nuclear tem crescido no mundo, chegando a representar 10% da eletricidade mundial gerada em 2019, segundo dados da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). No Brasil, conforme BEN-21, as usinas de Angra I e Angra 2 produziram o equivalente a 2,7% de toda geração de energia elétrica do país no ano de 2020, apresentando um descolamento percentual relativo quando comparado à média mundial.

O baixo aproveitamento dessa fonte de energia pelo Brasil não reflete seu real potencial, haja vista que, segundo Guimarães e Mattos (2011), só as reservas identificadas são suficientes para mais de 80 anos de abastecimento (tomando por referência o consumo nacional no ano de 2006) e que se consideradas as reservas especuladas e comprovadamente viáveis, a capacidade de abastecimento mais do que triplica. Segundo Montalvão (2012), O Brasil é um dos três únicos países do mundo que dominam o ciclo de enriquecimento do urânio e, ao mesmo tempo, têm reservas de urânio em seu território. Os outros dois são Estados Unidos e Rússia.

Diante do exposto, para além de representar a autossuficiência energética brasileira, a tecnologia nuclear é apresentada na Estratégia Nacional de Defesa (END) como um setor essencial para a Defesa Nacional, que deve ser fortalecido e aprimorado, visando à diversificação da matriz energética nacional e o seu uso em amplo espectro de atividades pacíficas, com vistas a qualificar o país a projetar e construir reatores de pesquisa, reatores de teste e termelétricas nucleares (BRASIL, 2020a).

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Para desenvolver o trabalho será aplicado o cenário base da Estratégia Federal de Desenvolvimento do Brasil, voltado para o período de 2020 a 2030, para o qual foi considerado

um ambiente econômico internacional neutro, de forma que os caminhos da economia brasileira dependam exclusivamente de fatores e escolhas restritos ao âmbito doméstico.

Neste cenário, não há muitos avanços na adoção de reformas macroeconômicas, com crescimento potencial estimado de forma conservadora e percentuais de investimento interno compatíveis com o observado nos anos de 2019 e 2020. Desse cenário, a Estratégia Federal de Desenvolvimento prevê um PIB per capita 19,1% maior em 2030, tomando por base o valor do ano de 2020.

Ainda que modesto, historicamente, todo crescimento econômico é acompanhado pelo aumento de consumo de energia elétrica para impulsionar toda uma gama de novos investimentos, seja no setor de indústrias, serviços ou mesmo para a população em si. Andrade (2014) e Almeida (2015), afirmam que há, claramente, uma relação entre o consumo de energia e o estágio do desenvolvimento econômico e o padrão de vida da população, constatando que os países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com pouco mais de 20% da população mundial, consomem quase 45% do total de energia. No mesmo sentido, “países desenvolvidos com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) igual ou superior a 0,9, o consumo mínimo per capita de energia elétrica é de 4.000 kWh/ano, o Brasil está bem abaixo desse nível, cerca de 2.000 kWh/ano, e o IDH é inferior a 0,8” (GUIMARÃES; MATTOS, 2011, p. 8).

Tabela 1: Evolução dos indicadores brasileiros

BRASIL	1990	2000	2010	2020	MÉDIA
OIEE	249,4	393,2	550,4	653,5	29%
PIB	1517,1	1953	2803,6	2879,3	25%
IDH	0,613	0,685	0,727	0,765	8%

Fonte: Adaptado pelo autor com base no BEN-21 (2021) e Relatório de Desenvolvimento Humano 2020 (2020)

OIEE: Oferta Interna de Energia Elétrica

PIB: Valores em reais constantes de 2010 convertidos para dólares em paridade de poder de compra (PPC) de 2010

Média: Crescimento médio a cada dez anos, conforme dados desde 1990

Conforme dados da Tabela 1, a oferta interna de energia elétrica (OIEE) do Brasil acompanhou, de 1990 até 2020, as tendências dos estudos que correlacionam os aumentos do PIB e do IDH com o consumo energético. Cabe destacar que a OIEE para a década de 2010 a 2020 não corresponde a real demanda do país, haja vista as políticas de desestímulo ao consumo desenvolvidas diante das restrições impostas pela escassez hídrica.

Ainda com os dados da Tabela 1, estipulou-se a média de crescimento de 29% para a produção nacional de energia para cada decênio, de forma a permitir uma projeção para o ano de 2030, cujo valor resultante é de 843TWh (653,5TWh+29%).

De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), a energia nuclear gerada em 2019 representou cerca de 10% da eletricidade mundial. No Brasil, conforme o BEN-21, as usinas de Angra I e Angra 2 produziram o equivalente a 14,053 TWh no ano de 2020, o que correspondeu por cerca de 2,7% da geração de energia elétrica do país nesse mesmo ano. Em relação ao cenário mundial, é possível observar um descolamento percentual da exploração dessa energia pelo Brasil.

No intuito de projetar um valor para a produção de energia nuclear no Brasil em 2030, será considerada a média mundial para o uso da fonte nuclear, de 10% da matriz energética. Dessa forma, visando compensar as limitações das fontes hídricas, e atingir um patamar em sintonia com o restante do mundo, o Brasil deveria buscar um aumento na sua produção de energia nuclear para aproximadamente 84,3TWh, o que é mais de 5 vezes maior do que a atual.

Ainda que com metas menos ousadas do que a apresentada pelos cálculos acima, o país tem demonstrado grande empenho no sentido de incrementar o uso da energia nuclear, produzindo e publicando uma gama de documentos que geram transparência e engajamento no setor, sendo o mais importante o Decreto nº 9.600, de 05 de dezembro de 2018, que versa sobre a PNB, de onde o PNE (2020b) destacou os seguintes objetivos, que serão alvo desta análise:

Quadro 1: Objetivos da PNB destacados pelo PNE

NÚMERO	OBJETIVO
1	Preservar o domínio da tecnologia nuclear no País
2	Atender às decisões futuras do setor energético quanto ao fornecimento de energia limpa e firme, por meio da geração nucleoeleétrica
3	Garantir o uso seguro da tecnologia nuclear e fortalecer as atividades relacionadas com o planejamento, a resposta a situações de emergência e eventos relacionados com a segurança nuclear e a proteção física das instalações nucleares
4	Promover a conscientização da sociedade brasileira, de forma transparente, a respeito dos benefícios do uso da tecnologia nuclear e das medidas que permitam o seu emprego de forma segura
5	Fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação da tecnologia nuclear
6	Fomentar a pesquisa e a prospecção de minérios nucleares no País
7	Incentivar a produção nacional de minérios nucleares e de seus subprodutos, inclusive nas ocorrências associadas a outros bens minerais, com vistas ao atendimento da demanda interna e das exportações
8	Incentivar a formação continuada de recursos humanos necessários ao desenvolvimento da tecnologia nuclear e a sua fixação nesse setor
9	Estimular a capacitação técnico-científica e industrial compatível com as necessidades do setor nuclear
10	Incentivar o planejamento e a execução de projetos destinados ao setor nuclear, com vistas a garantir a fixação e a otimização do capital intelectual formado no País
11	Garantir o gerenciamento seguro dos rejeitos radioativos

Fonte: PNE

Como as expressões do PN são transdisciplinares, cada uma delas permitiria uma análise de todos os objetivos sob seu viés. Portanto, aplicou-se a TGS sobre cada objetivo, de forma a facilitar seu entendimento, sua natureza e intenção, para então, correlacioná-lo com os fundamentos, fatores ou características de cada Expressão. Dessa forma, este trabalho limitou-se a analisar as vinculações com maiores potenciais de fortalecer o PN brasileiro, evitando redundâncias. A correlação entre as Expressões do PN e os objetivos apresentados segue conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Vinculação entre os Objetivos da PNB e as Expressões do PN

EXPRESSÃO	OBJETIVOS RELACIONADOS
Política	1, 2, 3 e 4
Econômica	2, 6, 7 e 10
Psicossocial	4, 8, 9 e 10
Militar	5, 6, 8 e 9
Científica e Tecnológica	5, 6, 8 e 9

Fonte: O autor

Partindo das correlações apresentadas na tabela 2 serão abordadas as análises de cada expressão do PN, sob o enfoque da TGS.

4.1 Expressão Política

Ao segmentar os objetivos da PNB para análise sob a ótica da TGS, os seguintes foram identificados com maior potencial de interação com a Expressão Política:

Quadro 2: Objetivos da PNB vinculados à Expressão Política do PN

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
1	Conhecimentos	Preservação	Domínio da tecnologia nuclear	Políticas de incentivo ao setor legitimam a atuação governamental, gerando maiores condições para o desenvolvimento e aproveitamento da tecnologia nuclear para políticas internas ou externas
2	Estruturas	Preparação para demandas futuras	Garantia de fornecimento de energia	
3	Protocolos	Fortalecimento das atividades	Capacidade diante de situações complexas	
4	Sociedade brasileira	Conscientização	Legitimação	

Fonte: O autor

Internamente, considerando-se o Estado Democrático de Direito que a nação brasileira representa, um dos objetivos mais importantes é de número 4, voltado para a conscientização da sociedade, haja vista que sem legitimação popular o investimento na tecnologia nuclear pode enfraquecer o poder das lideranças em vigor, fragilizando-as e permitindo uma alternância

democrática. Dessa legitimação vem o suporte necessário para que o Governo mantenha os investimentos no setor a despeito de possíveis críticas internacionais.

Outro objetivo que pode ter em sua interpretação a intenção de conseguir legitimação, porém mais voltado para o âmbito externo, é o de número 3, que apresenta foco na garantia da segurança das atividades do setor, inclusive nas emergências. Nesse ponto, por ser signatário do TNP, o país tem o viés de alinhar-se com as recomendações e auditorias internacionais, não apenas aplicando o que lhe for requerido, mas também contribuindo para a melhoria dos protocolos existentes. Internamente esse objetivo mantém o consentimento nacional e aumenta a identidade com a tecnologia por projetar a nação entre os países capacitados a gerenciar projetos complexos e de grande relevância.

Ainda que não consiga tais legitimações para investimento e ampliação da tecnologia nuclear, o objetivo 1, mais modesto, demonstra o entendimento de que o país não pode regredir no assunto, devendo envidar esforços para preservar o domínio desse conhecimento e manter-se no rol das poucas nações com essa capacidade que confere ao país status internacional no setor, conferindo-lhe relevância nas discussões internacionais sobre o tema.

No objetivo 2, entra em cena a possibilidade de o Estado exercer seu poder de imposição do interesse diante do princípio do Bem Comum, no qual as desvantagens do investimento são entendidas como de pouca significância quando comparadas às vantagens que pode proporcionar para a nação como um todo.

Numa interpretação ampla de todos os 4 objetivos vinculados à Expressão Política, pode-se observar um sistema maior, no qual as políticas de conscientização e desenvolvimento de infraestrutura para o setor geram uma massa crítica mais esclarecida e engajada sobre o assunto, criando uma identidade cultural que tende a fortalecer ainda mais as políticas de Estado para o setor.

4.2 Expressão Econômica

Da aplicação da TGS, os seguintes objetivos foram identificados com maior potencial de interação com a Expressão Econômica:

Quadro 3: Objetivos da PNB vinculados à Expressão Econômica do PN

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
2	Estruturas	Preparação para demandas futuras	Garantia de Fornecimento de energia	O dimensionamento de suas capacidades permite o uso racional dos recursos, o planejamento e o desenvolvimento do setor, fortalecendo a economia e demandando maiores investimentos à medida que traz retornos
6	Território (minérios)	Pesquisa e prospecção	Dimensionamento	
7	Matéria prima	Produção	Abastecimento do mercado	
10	Projetos	Incentivo e execução	Fixação e otimização de profissionais	

Fonte: O autor

O objetivo explícito voltado para a Expressão Econômica é o de número 7, por conter claramente em seu texto o interesse de fortalecer a comercialização dos minérios nucleares e seus subprodutos através do incentivo à produção. Por entender o mercado interno como insuficiente para a grandeza das jazidas naturais brasileiras, não se limita a este, propondo as exportações como uma saída benéfica para toda a cadeia produtiva.

O objetivo 6 complementa o 7 em termos de perspectiva de duração do mercado. Ao incentivar a identificação das jazidas naturais existentes no país, torna-se capaz de delinear os potenciais polos de extração do minério, bem como sua real capacidade de gerar recursos a serem revertidos para a própria nação.

O objetivo número 2 representa um limitador para os objetivos 6 e 7. Pode-se dizer que se trata de um objetivo mais estratégico, que garante a segurança energética para o país no futuro, resguardando o sentido de soberania abordado nesse trabalho ao apresentar como foco o uso racional do recurso de forma a obter benefícios presentes sem renunciar à segurança no futuro.

Ainda no objetivo 2, o atendimento às demandas futuras só será possível através da ampliação das estruturas de produção de energia. Nesse ponto percebe-se o claro interesse de fortalecer o mercado interno, através da geração de novos polos industriais e conseqüente geração de empregos no setor. Cabe ressaltar que é no fortalecimento do mercado interno que uma nação ganha consistência e segurança econômica.

Por fim, é no objetivo 10 que a Expressão Econômica tem potencial para aplicar sua característica de inovação. Por não limitar sua aplicação em uma área específica, abrange projetos de toda gama de emprego, possibilitando o aparecimento de novas tecnologias que venham a alterar profundamente as relações de mercado a favor do Brasil.

Na análise geral desse sistema, os objetivos relacionados com a Expressão Econômica preveem um momento para o mapeamento das possibilidades, fortalecimento das tecnologias existentes e abertura de oportunidade para novos projetos, sem perder de vista a responsabilidade para com as gerações futuras. Desse processo, há o fortalecimento da economia, gerando a necessidade de maiores investimentos no setor, dentro de um círculo de prosperidade.

4.3 Expressão Psicossocial

Da aplicação da TGS, os seguintes objetivos foram identificados com maior potencial de interação com a Expressão Psicossocial:

Quadro 4: Objetivos da PNB vinculados à Expressão Psicossocial do PN

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
4	Sociedade Brasileira	Conscientização	Engajamento	A conscientização das pessoas e a criação de ambiente propício geram conhecimento e interesse pelo setor, elevando sua regulação e fortalecendo suas instituições, tornando o setor cada vez mais visível e respeitado, despertando o interesse de novos participantes.
8	Recursos Humanos	Formação continuada	Desenvolvimento e abastecimento do setor	
9	Recursos Humanos	Capacitação de alto nível	Abastecimento do setor	
10	Projetos	Incentivo e execução	Fixação e otimização de profissionais	

Fonte: O autor

O objetivo 4 trata diretamente das pessoas, com foco em esclarecer o assunto de maneira transparente. Tal proposição chama ao diálogo de forma madura e participativa, livre de coerções ou desmandos. Ao focar na segurança e nos benefícios, traz a dualidade da pessoa enquanto agente protagonista, capaz de gerenciar os riscos de complexas atividades, e enquanto público-alvo, que poderá usufruir das benesses proporcionadas por essa empreitada.

O objetivo 10 traz foco na alteração do ambiente, com o desenvolvimento de projetos que proporcionem a fixação e o emprego do capital intelectual formado no país. Nesse caso, o ambiente mostra-se propício à interferência direta no nível de bem-estar através do trabalho,

que, além de representar segurança de subsistência para si e sua família, proporciona status e condições para progressão social.

Os objetivos 8 e 9 trazem consigo o interesse em formar e capacitar as pessoas. Tal processo gera material humano cada vez mais esclarecido e com condições de agregar em termos de boas práticas, normas e políticas relativas à tecnologia nuclear, o que reflete diretamente no fortalecimento das instituições nacionais que decorrem do próprio desenvolvimento do setor.

Na análise geral dos objetivos que foram correlacionados à Expressão Psicossocial, identifica-se um movimento inicial acerca de nivelar os conhecimentos e despertar interesse pelo setor, que ao se desenvolver, oferta vagas no mercado de trabalho e oportunidades de Bem-Estar às pessoas. Com a ampliação do setor, fortalecem-se as instituições que, à medida que se estabilizam, aperfeiçoam e realizam suas funções sociais, integram-se aos objetivos maiores da sociedade, fortalecendo o PN.

4.4 Expressão Militar

Da aplicação da TGS, os seguintes objetivos foram identificados com maior potencial de interação com a Expressão Militar:

Quadro 5: Objetivos da PNB vinculados à Expressão Militar do PN

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
5	Pesquisadores	Fomento a atividade	Desenvolvimento e inovação	A identificação de recursos naturais e o desenvolvimento de estruturas e dos recursos humanos requerem dimensionamento da força para sua preservação, o que permite a continuidade da expansão e do desenvolvimento do setor
6	Território (minérios)	Pesquisa e prospecção	Dimensionamento da força	
8	Recursos Humanos	Formação continuada	Capacitação dos recursos humanos	
9	Recursos Humanos	Capacitação de alto nível	Desenvolvimento do setor	

Fonte: O autor

Iniciando pelo objetivo 6, a sua importância está na identificação de riquezas potenciais de interesse internacional, podendo chegar à competência da Expressão Militar a responsabilidade de preservação do território e da garantia de que seus recursos sejam empregados conforme o desejo nacional. Diante desse dimensionamento das riquezas, faz-se possível a projeção da força necessária para o adequado resguardo do território nacional.

Os objetivos 8 e 9 apresentam interação direta com a elevação do nível de conhecimento das pessoas, proporcionando formação, capacitação e oportunidades de atuação no setor nuclear. Estes objetivos têm o potencial de aumentar a capacidade de absorção e desenvolvimento de novas tecnologias, o que tende a fortalecer a Expressão militar, seja pela inovação tecnológica, seja pela melhoria dos seus recursos humanos.

Nesse momento faz-se necessário esclarecer que os fundamentos da Expressão Militar abordados nesse trabalho (recursos humanos e território) podem sofrer a influência de fatores que os valorizem ou depreciem. Dentre 9 fatores apontados pelos Fundamentos do Poder Nacional, destacam-se 4 como influenciados positivamente pelo objetivo 5: ‘educação e formação profissional’ ‘pesquisa e desenvolvimento’ ‘infraestrutura científica e tecnológica’ e ‘inovação tecnológica’. Daí a importância do fomento à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação enquanto elementos que fortalecem a Expressão Militar do PN.

Na análise geral, pode-se identificar que os objetivos vinculados à Expressão Militar representam efeitos quantitativos, por fundamentar uma necessidade de redimensionamento da força militar necessária para o resguardo da nação, e qualitativos, por capacitar e desenvolver os recursos humanos, que são considerados o elemento mais precioso dessa expressão. Em paralelo, os objetivos desenvolvem elementos dinâmicos (fatores) com potencial para influenciar positivamente os fundamentos abordados nesse trabalho (recursos humanos e território), fortalecendo a Expressão Militar que garante o desenvolvimento do setor.

4.5 Expressão Científica e Tecnológica

Da aplicação da TGS, os seguintes objetivos foram identificados com maior potencial de interação com a Expressão Científica e Tecnológica:

Quadro 6: Objetivos da PNB vinculados à Expressão Científica e Tecnológica do PN

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
5	Pesquisadores	Fomento a atividade	Desenvolvimento e inovação	Identificação de recursos, dimensionamento do mercado, investimento na formação e capacitação de profissionais promovem o desenvolvimento de tecnologias que podem alterar as relações sociais, gerando dependência e maiores investimentos no setor.
6	Território (minérios)	Pesquisa e prospecção	Dimensionamento	
8	Estudantes	Formação continuada	Profissionais especializados	
9	Profissionais	Capacitação adequada	Abastecimento do mercado	

Fonte: O autor

Com essas definições, percebe-se que o objetivo 6 contribui diretamente com o fundamento ‘recursos naturais e materiais’. Conforme a variedade e quantidade de minerais são identificados, aumentam as potencialidades de extração e transformação desses elementos, através do desenvolvimento de estudos e aperfeiçoamento de práticas. A prospecção de minérios permite balizar a necessidade de investimentos no setor, que ganhará importância quanto maior for a disponibilidade dos recursos.

Os objetivos 8 e 9 apresentam foco nos recursos humanos, formando, capacitando e gerando meios para que esses profissionais tenham condições de desempenhar suas atividades no setor, dentro do próprio país. “As condicionantes mais importantes ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia são a educação e a formação profissional. (...) De forma cada vez mais marcante, evidencia-se, no presente, a correlação entre a disponibilidade de recursos humanos educados e treinados e o desenvolvimento e poder das nações” (FPN, 2022, pp. 121-122)

O objetivo 5 aponta para o fomento a pesquisa, o desenvolvimento e à inovação da tecnologia nuclear, podendo indicar o interesse na criação e/ou desenvolvimento de infraestrutura científica e tecnológica, que compreende organizações de formação, prestadoras de serviços científicos e tecnológicos e de pesquisa e desenvolvimento experimental. A atuação dessas organizações compreende uma extensa gama de atividades que demandam regimentos e normas, o que fortalece o fundamento ‘instituições científicas e tecnológicas’, fortalecendo a Expressão Científica e Tecnológica.

Na análise geral pode-se identificar que os objetivos relacionados provocam efeitos positivos em todos os fundamentos da Expressão Científica e Tecnológica: os recursos naturais e materiais, através da sua identificação e verificação de disponibilidade; os recursos humanos, através da formação e capacitação; e as instituições científicas e tecnológicas, através do desenvolvimento de novas tecnologias que demandam maior complexidade de normatização. Esse potencial de inovação pode alterar as relações de mercado, sendo um fator de relevância para o crescimento de um país, fortalecendo a Expressão Científica e Tecnológica, que demandará cada vez mais investimentos no setor.

4.6 Considerações Finais

4.6.1 Objetivo 11: Garantir o Gerenciamento Seguro dos Rejeitos Radioativos

Dentre os objetivos analisados, o de número 11 foi elencado enquanto neutro nas interações com as Expressões do PN. Da aplicação da TGS no objetivo 11, resulta o seguinte:

Quadro 7: Análise do Objetivo 11

OBJETIVO	INPUT	PROCESSOS	OUTPUTS	FEEDBACK
11	Rejeitos Radioativos	Monitoramento	Segurança nas operações	A produção de rejeitos demanda investimentos em segurança para armazenamento e monitoramento que, desenvolvidos, apresentam a viabilidade para a continuidade das atividades nucleares e produção de rejeitos.

Fonte: O autor

Para análise, o objeto desse objetivo, o trato para com os rejeitos radioativos, encontrou lugar dentro do fundamento recursos naturais e materiais, da Expressão Científica e Tecnológica e do fundamento território, da Expressão Militar. Para a primeira, trata-se de objeto de estudo, seja no trato mais adequado, seja no desenvolvimento de novas tecnologias que se aproveitem desse material. Para a expressão militar, representa um recurso nacional com possíveis aplicações futuras.

Ainda que o objetivo 11 não tenha sido identificado, neste trabalho, com vinculações potencializadoras para as Expressões do PN, não significa que haja uma relação de baixa importância; na verdade, este objetivo reveste-se de grande valor ao exprimir responsabilidade

e zelo para com o território nacional, dando suporte para o desenvolvimento dos demais objetivos elencados, que por sua vez, apresentam vínculos específicos diante das Expressões.

4.6.2 Visão Geral

Da análise das interações entre os Objetivos da PNB destacados pelo PNE e as Expressões do PN isoladamente, identificou-se que a busca e o cumprimento de tais objetivos atuam diretamente em fundamentos, fatores e características de cada PN, fortalecendo-os e gerando cada vez mais condições de investimento e desenvolvimento do setor nuclear.

Além dos efeitos diretos apresentados, há de se considerar que toda alteração em cada expressão ganha ainda mais força ao observar-se que o PN é indivisível e que quaisquer alterações em uma de suas expressões geram efeitos sinérgicos em todas as demais. Dessa sinergia emerge a força que permite a condução da nação no sentido do atingimento de seus objetivos, gozando de plena soberania.

Desta forma, conclui-se que o desenvolvimento da tecnologia nuclear, ainda que para fins pacíficos, possui efeitos capazes de potencializar cada uma das Expressões do PN, o que representa maior soberania do país no que diz respeito aos assuntos de seu interesse, seja na política ou na economia, seja para questões internas ou questões envolvendo outras nações.

5 CONCLUSÃO

Diante das tendências de aumento de consumo energético e da conseqüente necessidade de ampliação da matriz energética brasileira, este estudo propôs-se a analisar a energia nuclear como uma solução viável para atender essa demanda, bem como seus benefícios para a soberania nacional, apresentando como Objetivo Geral analisar, através da Teoria Geral dos Sistemas, a relação entre a Política Nuclear Brasileira e as expressões do Poder Nacional no aditamento da soberania.

Foi identificado que diferentes conceitos de soberania se assemelham com o do PN como a capacidade que tem a Nação para alcançar e manter os Objetivos Nacionais, em conformidade com a Vontade Nacional, independente de restrições ou vontades alheias. O PN é um só, mas para fins de facilitar o entendimento da sua aplicabilidade como instrumento político, é dividido nas Expressões Política, Econômica, Psicossocial, Militar e Científica e Tecnológica. Na intenção de quantificar o PN, diferentes estudos dão grande importância para a capacidade de produção energética de um país.

Da análise da matriz energética brasileira pelo viés da TGS, concluiu-se que a dependência de fontes hídricas para geração de energia representa um gargalo de produção. Fontes como a eólica e a solar não apresentam previsibilidade de produção, atuando como fontes complementares. A energia nuclear, juntamente com as fontes que utilizam combustível fóssil, apresenta previsibilidade de produção, porém no caso da fonte nuclear, esta gera baixo impacto ambiental e produz mais energia com o mesmo volume de combustível empregado.

O emprego da energia nuclear tem ganho apoio até mesmo de ambientalistas, e atualmente corresponde a quase 10% do total da energia produzida no mundo inteiro. No caso do Brasil, apenas 2,7% de toda a energia produzida no país é suprida por fontes nucleares. Tal valor não reflete o verdadeiro potencial da nação que, além de possuir grandes jazidas de urânio, domina todo o seu ciclo de enriquecimento e o de produção do elemento combustível.

Com a projeção embasada no cenário de desenvolvimento conservador apresentado pela Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil, identificou-se a necessidade de aumento da OIEE de 653,5TWh para 843TWh. Alinhando tal demanda com a média mundial de produção de energia nuclear, na casa dos 10%, identificou-se um potencial de ampliação dessa fonte de 14,053 TWh para 84,3 TWh por ano, o que requer grandes investimentos e forte engajamento nas políticas para desenvolver o setor.

O PNE destacou 11 objetivos da PNB, que se atingidos, além de auxiliarem na segurança energética do país, também apresentam potencial sinérgico com todas as cinco Expressões do PN, por agirem diretamente em seus fundamentos, fatores ou características, fortalecendo o PN e a soberania do Brasil.

Da Expressão Política identificou-se que a principal interação dos objetivos é com o elemento principal dessa expressão: o Povo, com ações potenciais para criação de uma identidade cultural com a exploração e desenvolvimento do uso da tecnologia nuclear, o que fortalece as políticas de Estado para o setor.

Da análise da Expressão Econômica, identificou-se que a exploração ampla da tecnologia pode proporcionar o fortalecimento do mercado e o aparecimento de infraestrutura para desenvolvimento dos recursos humanos e das tecnologias. Dessa interação oferta-se a possibilidade de atuar na característica de inovação tecnológica que tem potencial para alterar o mercado (interno e externo) a favor do país, fortalecendo o PN.

Da análise da Expressão Psicossocial, observou-se que o desenvolvimento da tecnologia atua diretamente no principal fundamento da Expressão, a pessoa humana, ofertando-lhes trabalho com possibilidade de mobilidade social e aperfeiçoamento no setor, que fortalece outro

fundamento, as instituições, que ao aperfeiçoarem-se e integrarem-se aos objetivos nacionais, fortalecem o PN.

Quanto a Expressão Militar identificou-se efeitos quantitativos, por fundamentar uma necessidade de redimensionamento da força militar necessária para o resguardo da nação, e qualitativos, por capacitar e desenvolver os recursos humanos, desenvolvendo os fundamentos território e recursos humanos, fortalecendo a Expressão Militar e o PN.

Da análise da Expressão Científica e Tecnológica identificou-se que os objetivos relacionados fortalecem os seus fundamentos: os recursos naturais e materiais, através da sua identificação e verificação de disponibilidade; os recursos humanos, através da formação e capacitação; e as instituições científicas e tecnológicas, através do desenvolvimento de novas tecnologias que demandam maior complexidade de normatização.

Constatou-se ainda que o objetivo 11 poderia ser vinculado às Expressões Militar e Científica e Tecnológica, porém não evidenciou sinergia para o fortalecimento dessas Expressões. Tal conclusão não lhe atribui desimportância, haja vista que sem políticas adequadas para o gerenciamento dos rejeitos radioativos não haveria base para a consecução dos demais objetivos.

Da análise geral, ressaltou-se que o PN é uno e que o fortalecimento de uma de suas expressões gera efeitos sinérgicos em todas as outras, e que o desenvolvimento da tecnologia nuclear tem potencial para fortalecer todas as Expressões do PN, o que representa maior soberania do país no que diz respeito aos assuntos de seu interesse.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Albino Lopes D`. **Indústria do Petróleo no Brasil e no Mundo: Formação, Desenvolvimento e Ambiência Atual**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 296 p. ISBN 8521208871.

ANDRADE, Fabrício Vieira. **Projeções e avaliação do consumo de energia elétrica para o setor residencial brasileiro a partir da técnica de decomposição Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI)**. Orientador: Ricardo Brant Pinheiro. 2014. 136 f. Tese (Doutorado em Ciências e Técnicas Nucleares) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. DOI <https://doi.org/10.22409/engevista.v16i4.569>. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8982>. Acesso em: 16 jul. 2022.

ARON, Raymond. **Paz e guerra entre as nações**. 1. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2018. 936 p. ISBN 85-230-0095-X. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37941715/43-Paz_e_Guerra_entre_as_Nacoes-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1658107802&Signature=VzaOTV9XQPrS4aqj49LxHsTjx4HTtqpqDY-n6jnRdwb1UNXyCwkC6dLRBuiuOzusM5W7IrjyV605qlsP3M7bn-6hXgvYXWJ5opg7vaijWwLWRZoQhSgCCFwOJ~B4r5ctNps3hm72barGdbP8T6r2DhVrWdakPRmgjFalOKbvz0q6r3JI6xTZYBL18TRd1kgLrB6Qe0pct5osEZdZGYjO8fT28K~y4W13BYD6UuJyYsPS72Dx5U58Fm~N6BBV9dcDs8KmfBRDXdmphWcwyzCbRfmXHqXAoDi~GCWs-ldfEIReRLgQwqTUW3Prq0dJQ-ZTSvHFmj-4uFyqgf~Omb3gIQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 10 jul. 2022.

BARROS, Pedro Silva; SCHUTTE, Giorgio Romano; SANNÁ, Luiz Fernando. **Além da autossuficiência: o Brasil como protagonista no setor energético.**, 1725 TEXTOS PARA DISCUSSÃO. **Ipea**, Brasília, abr. 2012. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1187/1/TD_1725.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 5ª. ed. rev. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

BRASIL. ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. **Fundamentos do Poder Nacional**, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/esg/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/fundamentos-do-poder-nacional/FPN2022.pdf>>. Acesso em: 10 jul 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**, 2020a. Disponível em: < https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf>. Acesso em: 23 fev 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia**, 2020b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 10 jul 2022.

GALBRAITH, John Kenneth. **Anatomia do poder**. 1ª. ed. São Paulo: Edições 70, 2007. 240 p.

GOLDRATT, Elyahu M. **Handbook da teoria das restrições**. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=gyE4AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=goldratt+teoria+das+restri%C3%A7%C3%B5es&ots=GY9FP_S9Vy&sig=SD9bx5JOjOTf71oSjUjsCQZBuG0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 jul. 2022.

GUIMARÃES, L. S; MATTOS, J. R. L. de. **A Opção Nuclear para Contribuir com uma Produção Limpa e Sustentável de Eletricidade**, 2011. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/8/Guimaraes_LS%20-%20Paper%20-%206A8.pdf. Acesso em 10 jul. 2022

HWANG, Karl. **New Thinking in Measuring National Power**. PAPER. WISC Second Global International Studies Conference, University of Ljubljana, Slovenia, 23–26 July 2008. Germain: University of Hamburg, GIGA (German Institute of Global and Area Studies), 2008.

LOPES, Luana GN; SILVA, Ary G; GOULART, Antônio Celso O. **A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/01_LopesLGNetal_1-5.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

MINAYO, Maria, Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14 ed., São Paulo: HUCITEC, 2014.

MIRANDA, Napoleão. **Globalização, soberania nacional e direito internacional**. *Revista CEJ*, Brasília, p. 86-94, out./dez. 2004. Disponível em: <https://revistacej.cjf.jus.br/cej/index.php/revcej/article/view/638/818>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MONTALVÃO, Edmundo. **Energia nuclear: risco ou oportunidade?** Brasília: Senado, 2012. 19 p. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/231055>. Acesso em: 10 jul. 2022.

RUSSEL, Bertrand. **O poder: uma nova análise social**. 1ª. ed. São Paulo: Nacional, 1957. 256 p.

TELLIS, Ashley J.; BIALLY, Janice; LAYNE, Christopher; MCPHERSON, Melissa. **Measuring national power in the postindustrial age**. Santa Monica, USA: RAND, 2000. 215 p. ISBN 0-8330-2792-1. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1110.html. Acesso em: 10 jul. 2022.

UHLMANN, Gunter Wilhelm. **Administração: Das Teorias Administrativas à Administração Aplicada e Contemporânea**. 1ª. ed. São Paulo: FTD, 1997. 216 p. ISBN 8532226213.

WEBER, Max. **Política como vocação e ofício**. 1ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2021. 120 p. ISBN 8532664466.