

O USO DA ÁRVORE DE SUCESSOS COMO MÉTODO PROSPETIVO EM GEOPOLÍTICA. O CASO DOS AÇORES NO TRANSPORTE DE GNL

RUI JORGE BOTELHO FÉLIX

rui.jb.felix@gmail.com

Doutorando em Teoria Política, Relações internacionais e Direitos Humanos, Universidade dos Açores / Universidade de Évora (Portugal). Mestre em Relações Internacionais: O Espaço Euro-Atlântico e Mestre em Ambiente, Saúde e Segurança. Licenciado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações. Concluiu o curso de Auditor da Defesa Nacional. É formador profissional certificado e Técnico Superior de Segurança e Higiene do Trabalho.

Resumo

A determinação do que se designa por Poder Geopolítico Potencial (PGP) de uma região geográfica, através do Método da Árvore de Sucessos, constitui o tema deste trabalho. Demonstra-se que, mediante a análise de um conjunto de eventos naturais, tecnológicos, políticos e económicos, bem como do estabelecimento de relações lógicas entre estes, por meio de operadores booleanos, é possível determinar qualitativa e quantitativamente o poder relativo de uma região num dado cenário. Neste estudo, realiza-se um estudo de caso que, através da aplicação do método, evidencia a sua exequibilidade.

Palavras-chave

Açores, Árvore de Sucessos, Geopolítica, Poder Geopolítico Potencial (PGP).

Abstract

The determination of what is referred to as Potential Geopolitical Power (PGP) of a geographical region, through the Success Tree Method, constitutes the theme of this study. It is demonstrated that, by analysing a set of natural, technological, political, and economic events, as well as establishing logical relationships between them using Boolean operators, it is possible to determine both qualitatively and quantitatively the relative power of a region in a given scenario. This study includes a case study that, through the application of the method, demonstrates its feasibility.

Keywords

Azores, Success Tree, Geopolitics, Potential Geopolitical Power (PGP).

Como citar este artigo

Félix, Rui Jorge Botelho (2025). O Uso da Árvore de Sucessos como Método Prospetivo em Geopolítica. O Caso dos Açores no Transporte de GNL. *Janus.net, e-journal of international relations*. VOL. 16, Nº. 1. Maio-Outubro 2025, pp. 431-447. DOI <https://doi.org/10.26619/1647-7251.16.1.20>.

Artigo submetido em 22 de maio de 2024 e aceite para publicação em 10 de março de 2025.





O USO DA ÁRVORE DE SUCESSOS COMO MÉTODO PROSPETIVO EM GEOPOLÍTICA. O CASO DOS AÇORES NO TRANSPORTE DE GNL

RUI JORGE BOTELHO FÉLIX

1. Introdução

O uso de modelos matemáticos para a descrição e análise de fenómenos nas ciências sociais tem-se estendido a muitas das suas disciplinas, seja através da criação de modelos próprios, seja pela adaptação de modelos provenientes de outros campos de estudo. Por serem abstrações, os modelos simplificam, de alguma forma, a complexidade, capturando a essência da situação analisada, permitindo construir estruturas lógicas expansíveis e integráveis em outras mais abrangentes, acompanhando todo o processo desde as premissas até às conclusões.

A Geopolítica inserida nas Relações Internacionais, uma área autonomizada da Ciência Política, estuda sistemas e situações bastante complexas. A geopolítica, hoje um termo abrangente e dinâmico, valoriza sobretudo a influência dos espaços geográficos no poder, no comportamento político das sociedades e na ordem mundial. O objetivo de modelar estes acontecimentos pode, aparentemente, configurar um contrassenso, no entanto, o uso de modelos matemáticos formais de análise oferece várias vantagens, nomeadamente, o rigor e a precisão na formalização da argumentação utilizada, justificando os pressupostos escolhidos como os mais plausíveis e aceites. Assim, pretende-se contribuir para este campo de análise, adaptando o método da Árvore de Sucessos à análise geopolítica, por forma a determinar o contributo de vários fatores e acontecimentos selecionados para resultados específicos.

Este trabalho, com uma abordagem positivista, baseia-se na hipótese de que é possível integrar o Método da Árvore de Sucessos na análise geopolítica, sendo possível através desse determinar quantitativamente o poder geopolítico de uma região geográfica. Para isso define-se uma variável dependente que se designou por Poder Geopolítico Potencial (PGP), a possibilidade estratégica de gerar e obter resultados em determinado contexto geopolítico.

A investigação está dividida em duas partes, a primeira parte efetua uma revisão bibliográfica, que não é completamente exaustiva, da literatura especializada publicada sobre os contributos pertinentes à temática. Apresenta e descreve o Método da Árvore de Sucessos, e de como pode ser utilizado em Geopolítica. A segunda parte apresenta um estudo de caso, onde aplicando o método se determina o PGP, num cenário específico



que é o transporte marítimo de gás natural liquefeito, para o abastecimento da Europa. Na conclusão verifica-se e justifica-se, a validade do uso do método.

2. Geopolítica e Poder na Moldagem dos Futuros

Geopolítica, um termo criado por Kjellen no fim do séc. XIX, que se interligou com quatro outras dimensões, para explicar de uma forma organicista o funcionamento do Estado (Almeida, 1990, p. 113) os Estados modernos europeus criados após Vestfália, tornou-se na atualidade uma palavra amplamente usada, prestando-se a distintas interpretações (Tomé, 2010, p. 5), englobando a influência da geografia no comportamento político das sociedades (Freire Nogueira *apud* Tomé, 2010, p. 5), e abordando as rivalidades e disputas de poder sobre um determinado espaço, implicando, simultaneamente, um elemento geográfico e um elemento político (Jorge & Fernandes, 2023, p. 16), onde as tecnologias alteram essas geografias (Sempa, 2002, pp. 4-6). Mas pretendendo ir mais além nos fatores e causas que explicam esses comportamentos, quase se identificando com a noção de relações internacionais (Moreira, 2023, p. 59). Uma visão do mundo assente no poder, uma ciência sobre poder e para o poder (Dugin *apud* Höhn, 2011, p. 11). Por a geopolítica apresentar visões objetivas e compreensivas das alterações que ocorrem nas relações internacionais, explicando-as de uma forma holística e relacional com as dinâmicas regionais, esclarecendo e prevendo os comportamentos dos vários atores envolvidos, torna-a popular entre os decisores políticos e os analistas (Tuathail, Dalby, & Routledge, 1998, p. 4). A nova geopolítica que emerge no pós-Guerra Fria, apresenta várias visões competitivas entre si nas explicações da ordem mundial. Estas visões podem ser dominadas pelas relações económicas globais que alteram a soberania e reposicionam os Estados, ou pelos problemas transnacionais que afastam as lutas territoriais entre blocos, ou pela necessidade de se valorizarem as políticas ambientais que combatam o aquecimento global, a degradação ambiental e a escassez de recursos naturais (Tuathail, Dalby, & Routledge, 1998, p. 2), coexistindo com a geopolítica imperialista clássica, económica, neomarxista, pós-positivistas (Jorge & Fernandes, 2023, p. 19). O o poder de um ator no sistema internacional, é a capacidade que este tem em assegurar a realização dos seus objetivos políticos num enquadramento específico Moreira (2023).

É a tecnologia que torna a geopolítica global. Com a navegação a vapor foi possível controlar as marinhas para além do sabor dos ventos (Noorali, Flint, & Ahmadi, 2022). Com a aviação passa a ser possível a movimentação numa terceira dimensão, saindo a geopolítica das limitações do tabuleiro de xadrez. A movimentação no espaço exterior da Terra soma a quarta parcela geopolítica, e o domínio do espectro eletromagnético acrescenta-lhe uma quinta dimensão.

O Poder, obtido através de um conjunto variado de instrumentos, é o elemento sempre presente nas relações internacionais, usado pelos atores para concretizarem os seus objetivos políticos. É exercido para dominar e deter recursos físicos, para exercer controlo sobre atores do sistema internacional e influenciar acontecimentos intervindo nos seus resultados (Hart, 1976, pp. 289-298). Depende de um número grande de variáveis, não é um valor absoluto e cada vez é mais dependente da rede de relações internacionais (Kim, 2010, pp. 405-411). O seu exercício pode ir da persuasão infligindo ou ameaçando



consequências adequadamente adversas. Por alterações de convicção ou ideologia levando à submissão à vontade alheia, ou oferecendo-se uma recompensa positiva (Galbraith, 1983, pp. 20-22). O poder é para a política, o equivalente à energia na física ou ao dinheiro na economia (Höhn, 2011, p. 6).

A Estratégia é a preparação da ação para atingir objetivos. A palavra estratégia está na sua génese ligado à guerra e às atividades militares. Hoje, o conceito do termo continua a expandir-se, incorporando-se, entre outros, nos campos económico e político (Heuser, 2010). Os Estados definem a designada grande estratégia, que é o conjunto de meios militares, económicos e políticos com que este tenta alcançar a sua segurança (Posen, 1986, p. 7). A construção de uma estratégia está sujeita às ambições do Estado e à lógica dos fins políticos, que subordina os princípios e as regras da sua criação, e onde variáveis como a geografia, população, forças armadas, economia, tecnologia e as infraestruturas, entre outras, mas também atores externos como outros Estados, aliados ou beligerantes, têm principal preponderância nas decisões da construção da estratégia (Heuser, 2010, p. 491). É um processo complexo e dinâmico, onde pela modificação ao longo do tempo das várias variáveis que contribuem para a sua feitura, obriga a um perpétuo reexaminar e questionar (Hattendorf & Phil., 2004, p. 2). É neste contexto, que a estratégia hoje é uma componente da análise das relações internacionais (Fernandes, 2009), indo muito mais além da sua origem de condução racional da guerra e coação militar.

A Prospetiva ocupa-se da questão “o que pode acontecer?” (Godet & Durance, 2011, p. 17), é uma ferramenta de auxílio à construção do futuro (Saragoça, Silva, & Fialho, 2017, p. 19), contribuindo para induzir um destino desejável dentro das incertezas do futuro, reduzindo-as pela escolha de percursos orientados por análises lógicas, onde a reflexão precede a ação, numa visão holística de sistemas não deterministas e instáveis (Perestrelo, 2017), tornando-se assim estratégica (Godet & Durance, 2011, p. 17). Vai mais além dos modelos inalteráveis da previsão, usando os cenários como instrumento de simulação (Saragoça, Silva, & Fialho, 2017, p. 26).

Não existindo um conceito fechado, neste trabalho a geopolítica é interpretada como um instrumento do poder externo de um Estado, permitindo, preferencialmente, o controlo e, no mínimo, a influência sobre as ações de outros Estados ou sobre determinados acontecimentos, em função dos seus próprios interesses (Griffiths & O’Callaghan, 2002, pp. 253-255), o Poder Funcional (Adriano Moreira apud Andrade, 2015, p. 100) que constitui uma forma de utilizar a geopolítica para gerar poder e, assim, possibilitar a projeção de estratégias para a sua maximização, o potencial de poder geopolítico corresponde à capacidade latente de exercer esse poder. A modelação impede o recurso a análises baseadas em argumentos sem rigor formal e assentes em intuições, disciplinando o pensamento intuitivo e acrescentando precisão às análises, ao eliminar argumentos desprovidos de lógica (Morrow, 1994, pp. 6-7), permitindo confrontar as conclusões obtidas com os acontecimentos reais.

3. O Método da Árvore de Sucessos numa Abordagem Lógica e Possibilista

O método aqui proposto, uso de um tipo específico de árvores lógicas utilizadas em análises de decisão, vai buscar as suas origens fora das ciências sociais, nas técnicas



desenvolvidas nos anos 1960, e utilizadas para a redução da ocorrência de acontecimentos indesejados em sistemas tecnológicos, analisando os seus comportamentos de uma forma gráfica. É um modelo que descreve cenários de acontecimentos e/ou decisões, numa estrutura lógica que se ramifica a partir do acontecimento principal em análise. As Árvores de Sucessos e as Árvores de Falhas são ferramentas importantes para analisar eventos incertos, definir cenários, avaliar riscos, calcular distribuições conjuntas de probabilidade e avaliar opções de decisão (Dillon-Merrill, Parnell, & Buckshaw, 2008). O seu uso tem sido gradualmente adotado nas ciências sociais (Yazdi, Kabir, & Walker, 2019, p. 91).

Algumas definições

Acontecimento ou Evento Básico (X) ou varável independente, é um dos conceitos fundamentais na construção deste modelo. Cada evento básico descreve um acontecimento que contribui para o assunto em análise e que não pode ser decomposto em outros acontecimentos de ordem mais baixa. Acontecimentos que podem ser decompostos em outros acontecimentos, são designados por Acontecimentos ou Eventos Intermédios (I). Acontecimento ou Evento de Topo (T), é o assunto em análise, a variável dependente, que se pretende qualificar ou quantificar, obtido da combinação lógica de eventos básicos e eventos intermédios.

A Árvore de Sucessos é a segmentação do evento de topo, através de operadores lógicos, num modelo matemático do sistema em análise, proporcionando uma visão global do que está em análise, a relação linear entre os seus componentes e a potencialidade contributiva de cada elemento seu constituinte. Para um determinado assunto em análise, podem-se considerar diferentes cenários e construir várias árvores, variar experimentalmente a quantificação dos eventos básicos, o que permite a este um método ser também prospetivo.

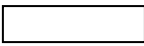
O quadro 1 resume os principais símbolos usados no desenho da Árvore de Sucessos.

Para avaliar a possibilidade da ocorrência do acontecimento de topo, estabelece-se um conjunto de equações lógicas, a partir da estrutura hierárquica da Árvore de Sucessos, que permite definir quantitativamente ou qualitativamente esse acontecimento, e em que o acontecimento de cada porta lógica intermédia, vai sendo substituído por acontecimentos de hierarquia mais baixa, até ser possível definir o acontecimento de topo em função apenas de acontecimentos básicos, e das relações lógicas entre estes.

Para avaliar a possibilidade da ocorrência do acontecimento de topo, estabelece-se um conjunto de equações lógicas, a partir da estrutura hierárquica da Árvore de Sucessos, que permite definir quantitativamente ou qualitativamente esse acontecimento, e em que o acontecimento de cada porta lógica intermédia, vai sendo substituído por acontecimentos de hierarquia mais baixa, até ser possível definir o acontecimento de topo em função apenas de acontecimentos básicos, e das relações lógicas entre estes.



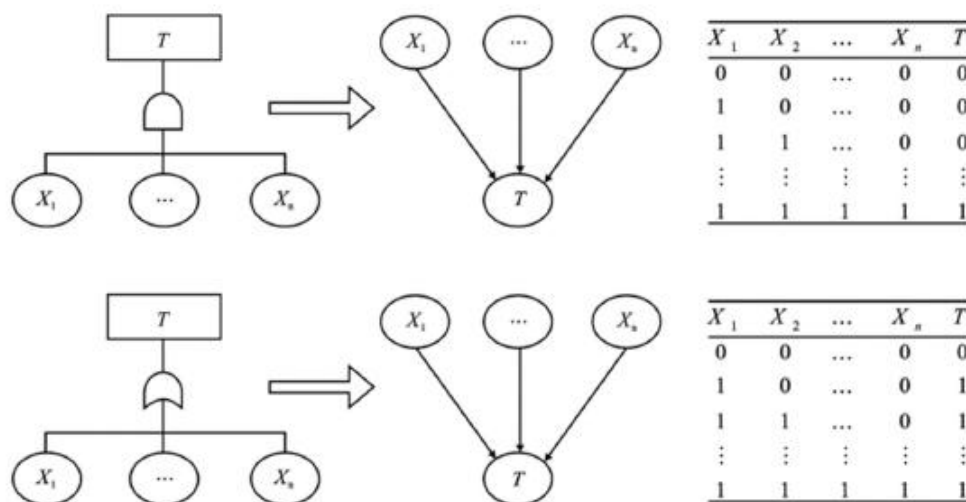
Quadro 1. Principais símbolos utilizados numa Árvore de Sucessos

Símbolo lógico	Função
	Representa o Acontecimento de Topo (T). Acontecimento para o qual a árvore conduz a análise. Pode em outros lugares da estrutura representar acontecimentos intermédios.
	Evento Básico (X). Acontecimento que não pode ser subdividido em outros acontecimentos. É a resolução máxima que se pode atingir na análise de um sistema.
	Operador OU (OR). Indica que existe um acontecimento à sua saída, quando alguns dos acontecimentos à sua entrada ocorre.
	Operador E (AND). Indica que existe um acontecimento à sua saída, quando todos os acontecimentos à sua entrada ocorrem simultaneamente.

Fonte: Autor

A figura 1 apresenta a forma como os acontecimentos se relacionam qualitativamente através dos dois operadores booleanos usados; porta OU e porta E.

Figura 1. Aritmética dos operadores booleanos do Quadro 1



Fonte: (Chang, He, Fan, Guan, & He, 2023)

A análise quantitativa é feita, quando se atribuem aos acontecimentos básicos, valores de probabilidade da sua ocorrência, permitindo obter-se assim a probabilidade de ocorrência do acontecimento de topo.

As fórmulas para o cálculo das probabilidades em cada porta lógica, numa análise da base para o topo, são as seguintes:



$$\begin{aligned}\mathbb{P}[X_{\text{AND}}(X_1, \dots, X_n) = 1] &= \mathbb{P}[X_1 = 1 \wedge \dots \wedge X_n = 1] \\ &= \mathbb{P}[X_1 = 1] \cdot \dots \cdot \mathbb{P}[X_n = 1].\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbb{P}[X_{\text{OR}}(X_1, \dots, X_n) = 1] &= 1 - \mathbb{P}[X_{\text{OR}}(X_1, \dots, X_n) = 0] \\ &= 1 - \mathbb{P}[X_1 = 0 \wedge \dots \wedge X_n = 0] \\ &= 1 - (1 - \mathbb{P}[X_1 = 1]) \cdot \dots \cdot (1 - \mathbb{P}[X_n = 1]).\end{aligned}$$

ou

$$P_{(\text{AND gate})} = \prod P_{(\text{input } i)}$$

$$P_{(\text{OR gate})} = 1 - \prod (1 - P_{(\text{input } i)})$$

Fonte: (Ruijters & Stoelinga, 2015, p. 38)

Para a identificação dos acontecimentos básicos, a sua valorização quantitativa e associação lógica na construção da árvore, recorrem-se a várias fontes de informação e de análise como a análise SWOT (Leal, 2011, p. 73), dados empíricos recolhidos de diferentes fontes fiáveis, publicações académicas (Chang, He, Fan, Guan, & He, 2023), e que no caso deste trabalho se obtiveram a partir da Internet de fontes reputadas. A relação entre as probabilidades de falha e de sucesso de um acontecimento básico, é que a soma das duas é igual à unidade.

De modo a facilitar o tratamento posterior, os acontecimentos podem ser agrupados nas seguintes quatro formas: eventos naturais; eventos tecnológicos; eventos políticos e eventos económicos.

4. A Geopolítica dos Açores na Segurança das Rotas Marítimas. Exemplo de Caso

As ilhas oceânicas no Atlântico Norte (Hansom, 2010) são um bem escasso, representando um ativo para a consolidação de várias estratégias de Estados e de organizações. O Arquipélago dos Açores é um desse conjunto de ilhas. Situa-se na crista média do Atlântico Norte, sensivelmente a 1.700 km do ponto mais próximo da massa continental europeia, e a 2.500 km do continente americano. As suas nove ilhas, parte integrante da República Portuguesa, são constitucionalmente uma Região Autónoma. Perfazem uma área total de 2.322km², estendem-se por 600 km ao longo do paralelo 38. A subárea dos Açores da Zona Económica Exclusiva (ZEE) portuguesa ocupa uma área de 957.292km², representando 55% dessa ZEE e 16,3% da ZEE da União Europeia (Porteiro & Carreira, 2015, p. 82). A Região de Busca e Salvamento Marítimo, SRR Santa Maria (Açores) atribuída ao Estado português, compreende uma área geográfica de responsabilidade de 5.181.934 km² (Direção-Geral de Recursos Naturais, 2018).



Os Açores, desde o seu povoamento permanente no séc. XV, que representaram um ponto de apoio às viagens marítimas entre a Europa e os outros continentes. Nos séculos XVI e XVII a Armada das Ilhas em articulação com o Provedor das Armadas da Índia, tiveram a função de nos Açores ajudar e defender as naus portuguesas no seu trânsito até Portugal continental e sempre que tivessem de recorrer à escala no arquipélago, para além de recolherem informações sobre a ameaça de piratas e corsários (Godinho, 2002), muitos dos quais europeus. Por sua vez os próprios corsários e piratas, também usavam estas ilhas para abastecimento de viveres e água, quer por saque quer por contrabando (Leite, 2016) . A importância que os Açores assumiram no controlo do Atlântico Norte intensifica-se no séc. XIX, com a necessidade de abastecimento de carvão aos barcos movidos a vapor que o atravessavam em determinadas rotas. Os cabos submarino telegráficos, as bases militares navais e aéreas, os aeroportos civis e a instalação de infraestruturas de investigação científica, continuam a potenciar a importância geoestratégica dos Açores (Andrade, 2015) (Félix, 2022) (Telo, 1993), como é o caso da Base Aérea das Lajes e a POLNATO em Ponta Delgada.

Caracterização

A dinâmica dos recursos energéticos é atualmente muito diversificada e fluída. A gestão desse espaço multidimensional exige um planeamento estratégico a prazo, obrigando os atores do sistema internacional a exercer em permanência o seu controlo em coordenação ou disputa com as iniciativas realizadas por parceiros, concorrentes e adversários.

O gás natural (GN), essencial para a Europa na sua atual transição energética para uma economia de baixo carbono, tal como outras energias e outros recursos vitais, são um vetor estratégico para os Estados. O gás natural liquefeito (GNL) veio trazer à segurança do espaço energético europeu enormes desafios, por ser uma complementaridade e alternativa ao abastecimento por gasoduto, permitindo o seu transporte marítimo eficiente a partir de origens geograficamente muito distantes, como por exemplo as offshores dos EUA, Canadá, Camarões, Guiné-Equatorial, Moçambique. Esta situação permite evitar ou contornar zonas de disputas e de conflitos, e gerar maior liberdade comercial e de opções negociais. Torna-se por isso necessário assegurar a liberdade de navegação e a segurança de transporte em zonas estratégicas de passagem (Sousa, 2019), a esses carregamentos, reduzindo-se o risco geopolítico (Vivero & Mateos, 2017). numa época de transições na estrutura internacional, de alterações climáticas e do aparecimento de novos atores e novos desafios

Os Açores situam-se nas rotas marítimas de abastecimento à Europa (Figura 2), sendo por isso potenciais contribuidores estratégicos para a segurança das mesmas, em várias vertentes.

É neste cenário que se desenvolverá a análise qualitativa e a determinação quantitativa da variável dependente Poder Geopolítico Potencial dos Açores.



Figura 2. Mapa com a indicação das principais rotas marítimas para o transporte de GNL

LNG flows by contract type, monthly deliveries

— Short term and spot

— Contracted



Source: McKinsey's Energy Insights LNGFlow; Vesseltracker[®], powered by Genscape

Fonte: (Boccara, Dediu, & Veillard, 2020)

Construção da Árvore de Sucessos e Determinação do PGP

Os riscos e a segurança associada ao transporte de GNL por via marítima, dependente de um conjunto diversificado de variáveis independentes. O Quadro 2 indica as mais importantes.

As probabilidades de falha das variáveis independentes são apresentadas no seguinte quadro.

A partir do Quadro 2, vão ser utilizados na construção da árvore de eventos apenas os Eventos Básicos: X1, X3, X4, X5, X8, X9, X11, X13, X14, X15, X17, X18, X19, X20, X21 e X22, pois entende-se que os outros acontecimentos estão relacionados com a navegação em zonas costeiras continentais, canais interiores e portos de carga e descarga, portanto não aplicáveis ao cenário em estudo.

Na elaboração do Quadro 4, que serve de base para a construção da árvore de sucessos, definem-se os eventos intermédios e o evento de topo que se relacionarão, por intermédio dos operadores booleanos, entre si e com os eventos básicos selecionados, com base em perceções empíricas e, portanto, passíveis de serem alteradas. Considera-se que neste caso particular, o evento de topo e intermédios só ocorrem se se verificarem em simultâneo todos os eventos que os compõem.

A relação lógica entre os eventos básicos e intermédios está representada esquematicamente na seguinte árvore de sucessos.



Quadro 2. Decomposição em eventos intermédios e básicos, relacionados com os riscos associados ao transporte de GNL por via marítima

Evento Principal	Eventos Intermédios			Eventos Básicos
	(1º nível)	(2º nível)	(3º nível)	
Segurança no Transporte Marítimo de GNL (T)	Seguranças Própria do Transporte e manuseamento de GNL (I1)			Segurança contra Incêndio e Explosão de GNL (X1)
				Segurança no Carregamento e Descarga de GNL (X2)
	Segurança dos Navios e Equipamentos (I2)			Desempenho de Segurança de Navios de GNL (X3)
				Manuseio Difícil de Navios de GNL (X4)
	Segurança das Rotas Marítimas (I3)	Segurança Inerente da Própria Rota (I4)		Distância do Percurso (X5)
				Canal Profundo (X6)
				Alta Velocidade de Corrente Oceânica (X7)
				Fluxo de Tráfego Pesado no percurso (X8)
				Ondas Altas (X9)
				Neblina Pesada (X10)
				Tempestades (X11)
				Brisa Marinha Forte (X12)
				Alta Frequência de Ventos Fortes (X13)
				Menos Portos de Descarga de GNL (X14)
				Período Navegável Incerto (X15)
				Calado dos Navios de GNL nos Portos (X16)
				Comportamento Inseguro do Pessoal em Navios de GNL (X17)
				Má Organização (X18)
				Disputas de Soberania Marítima (X19)
				Conflitos Militares (X20)
				Pirataria e Ataques Terroristas (X21)
				Impacto de Epidemias (X22)

Fonte: Adaptado pelo Autor de (Chang, He, Fan, Guan, & He, 2023)

**Quadro 3.** Probabilidade de falha dos Eventos Básicos X1 a X22

Basic Event	Prior Probability	Basic Event	Prior Probability	Basic Event	Prior Probability
X ₁	3.13×10^{-3}	X ₉	7.51×10^{-3}	X ₁₇	4.63×10^{-4}
X ₂	1.40×10^{-3}	X ₁₀	1.86×10^{-2}	X ₁₈	7.78×10^{-4}
X ₃	1.33×10^{-3}	X ₁₁	2.49×10^{-3}	X ₁₉	9.66×10^{-4}
X ₄	7.38×10^{-4}	X ₁₂	2.47×10^{-3}	X ₂₀	3.25×10^{-3}
X ₅	5.53×10^{-4}	X ₁₃	1.40×10^{-2}	X ₂₁	1.71×10^{-2}
X ₆	8.44×10^{-4}	X ₁₄	1.42×10^{-2}	X ₂₂	2.37×10^{-2}
X ₇	5.78×10^{-3}	X ₁₅	1.28×10^{-3}		
X ₈	6.05×10^{-3}	X ₁₆	1.28×10^{-3}		

Fonte: (Chang, He, Fan, Guan, & He, 2023, p. 14)

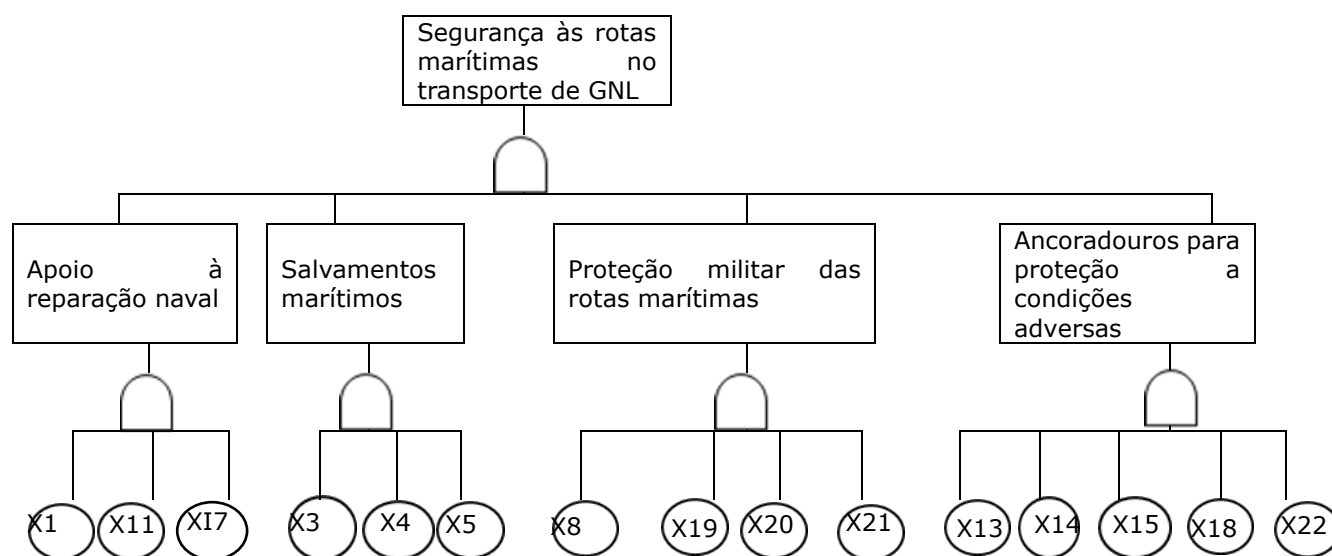
Quadro 4. Decomposição em eventos intermédios e básicos, relacionados com Poder Geopolítico dos Açores, num cenário associado ao transporte de GNL por via marítima

Evento de Topo	Eventos Intermédios (2º nível)	Eventos Básicos
Segurança às rotas marítimas no transporte de GNL (T)	Segurança às rotas marítimas no Transporte de GNL (IA)	Incêndio e Explosão de GNL (X1)
		Tempestades (X11)
		Comportamento Inseguro do Pessoal em Navios de GNL (X17)
	Salvamentos marítimos (IA2)	Desempenho de Segurança de Navios de GNL (X3)
		Manuseio Difícil de Navios de GNL (X4)
		Distância do Percurso (X5)
	Proteção militar das rotas marítimas (IA3)	Fluxo de Tráfego Pesado no percurso (X8)
		Disputas de Soberania Marítima (X19)
		Conflitos Militares (X20)
		Pirataria e Ataques Terroristas (X21)
	Ancoradouros para proteção a condições adversas (IA4)	Alta Frequência de Ventos Fortes (X13)
		Menos Portos de Descarga de GNL (X14)
		Período Navegável Incerto (X15)
		Má Organização (X18)
		Impacto de Epidemias (X22)

Fonte: Autor



Figura 3. Árvore de sucessos para a determinação do Poder Geopolítico Potencial dos Açores, num cenário associado ao transporte de GNL por via marítima



Fonte: Autor

O valor quantitativo a probabilidade dos acontecimentos intermédios e do acontecimento de topo apresentadas no Quadro 5. Sendo apresentados os valores sem a quantificação das alterações de probabilidades dos eventos básicos pelos Açores.

Considerou-se aqui que a área geográfica de influência dos Açores é aquela definida pela subárea SRR Santa Maria, dentro das zonas marítimas sob soberania e ou jurisdição portuguesa¹.

Nem todas as probabilidades de ocorrência dos eventos básicos podem ser melhoradas através das facilidades proporcionadas pelos Açores. Entendeu-se que acontecimentos como, por exemplo, Comportamento Inseguro do Pessoal em Navios de GNL (X17), estão no caso dos incontrolláveis, mas na situação de Ondas Altas (X9), o abrigo proporcionado pelos portos em rota durante tempestades reduz a probabilidade de falhas. Os eventos X1, X4, X9, X11, X15, X19, X20 e X21 são passíveis de serem melhoradas, para efeitos de cálculos demonstrativos, atribuiu-se um valor de 30% a esta melhoria.

Ao valor da diferença entre a probabilidade de sucesso do acontecimento de topo; Segurança às rotas marítimas no transporte de GNL, com e sem a ação geopolítica da região, designa-se por Poder Geopolítico Potencial (PGP). Neste caso será o PGP dos Açores para o cenário em estudo.

¹ Decreto-Lei n.º 15/94, de 22 de janeiro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 399/99, de 14 de outubro.



Quadro 5. Probabilidade Calculada dos Acontecimentos Intermédios e do Acontecimento de Topo

Acontecimentos Intermédios e de Acontecimento de Topo	Valor calculado sem a influência geopolítica da região	Valor calculado com a influência geopolítica da região
Segurança às rotas marítimas no Transporte de GNL (T)	0,901	0,916
Apoio à reparação naval (IA1)	0,976	0,982
Salvamentos marítimos e de bens (IA2)	0,997	0,998
Proteção militar das Rotas Marítimas (IA3)	0,979	0,984
Ancoradouros para proteção a condições adversas (IA4)	0,946	0,950

Discussão e Conclusões

O principal objetivo deste trabalho é utilizar o modelo da Árvore de Sucessos como ferramenta de análise na geopolítica, usando os seus resultados para determinar estratégias que possam maximizar o poder num determinado cenário. Sendo o poder de um ator na política o valor da diferença entre a probabilidade de ocorrer um evento por ação desse ator e a probabilidade de o mesmo ocorrer não existindo essa ação (Roberte Dahl *apud* Silva, 2024, p. 17), o potencial de poder é o conjunto de instrumentos que o ator pode utilizar estrategicamente para o obter, e que com esta ferramenta permite identificar e quantificar a importância relativa dos instrumentos representados pelos eventos básicos.

No caso analisado, a segurança oferecida pelos portos e ancoradouros marítimos para abrigo de embarcações em condições de mau tempo, assim como infraestruturas de salvamento marítimo de pessoas e bens, e o patrulhamento das rotas sobretudo com o aparecimento de novas marinhas de alto mar, potencia a segurança da navegação, numa área geográfica onde não é possível repetir essas infraestruturas. A determinação do PGP, medida da possibilidade de gerar e alcançar resultados, demonstra a utilidade da aplicação do método. A caracterização quantitativa desse potencial e a identificação das variáveis que contribuem para a maximização desse valor, assim como o seu controlo, permite que sobre o modelo que é dinâmico, se efetuem alterações, calibrando os valores dos eventos básicos, alterando as relações lógicas entre acontecimentos, criando novos eventos numa reconfiguração de cenários, funcionando assim também como modelo prospetivo. No cenário analisado verifica-se que os Açores oferecem vantagens estratégicas, indicadas no Quadro 5. Essas vantagens proporcionam, no caso específico analisado, um PGP igual a 0,015, o que significa uma melhoria de 2% na segurança da rota. A alteração do potencial geopolítico é grandemente influenciada pela soberania, no limite a permissão ou não do uso das áreas soberanas e das infraestruturas locais de apoio. Para a análise quantitativa usaram-se valores disponíveis em literatura da especialidade, no entanto, e como propostas de melhoria, há a necessidade de calibrar valores utilizados, com a colaboração de peritos, de forma que a quantificação seja feita o mais fiável possível para a região em causa, assim como analisar a importância de decompor alguns dos eventos que se consideraram básicos, de forma a incorporar nestes também as especificidades locais.



A validação dos resultados obtidos para o caso estudado pode ser efetuada usando dois critérios, o critério do número de paragens de navios de transporte de LNG nos portos açorianos e a análise das contrapartidas políticas obtidas diretamente relacionadas com PGP específico. Do primeiro critério e utilizando os dados públicos disponibilizados pela Portos dos Açores,² verifica-se que os anos de 2021 a 2024 é frequente a paragem de navios tanques de LNG para abrigo, transferência de tripulantes e ações de reparação, o que confirma a importância do arquipélago para o transporte seguro de LNG no Atlântico. Relativamente ao segundo critério proposto o mesmo exige uma pesquisa mais extensa que se encontra fora do âmbito deste trabalho.

A combinação do Método da Árvore de Sucessos na análise e quantificação do poder geopolítico permite obter uma imagem abrangente do impacto da contribuição relativa de cada uma das diversas variáveis e as suas interações, num determinado cenário, possibilitando a conceção de estratégias prospetivas e não apenas reativas, de maximização do PGP. Uma região geográfica com as características dos Açores proporciona vantagens estratégicas, nos cenários dinâmicos das relações internacionais, havendo, pois, cabimento para a introdução de novas ferramentas na ajuda dessas análises.

Referências

- Agostinho, S. (s.d.). Confissões (2ª ed.). Imprensa Nacional Casa da Moeda. Obtido em 2004
- Almeida, P. V. (1990). Do poder do pequeno estado : (enquadramento geopolítico da hierarquia das potências). Lisboa: Inst. Sup. de Ciências Sociais e Políticas.
- Andrade, L. (2015). Os Açores entre a Europa e os Estados Unidos da América: Uma Perspetiva Geoestratégica . Nação e Defesa, pp. 96-106.
- Boccaro, G., Dediu, D., & Veillard, X. (2020). Winning the race for world-class LNG optimization capabilities. McKinsey & Company, Oil & Gas. Obtido em 20 de jan de 2024, de <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/winning-the-race-for-world-class-lng-optimization-capabilities#/>
- Chang, Z., He, X., Fan, H., Guan, W., & He, L. (2023). Leverage Bayesian Network and Fault Tree Method on Risk Assessment of LNG Maritime Transport Shipping Routes: Application to the China–Australia Route. Journal of Marine Science and Engineering. doi:<https://doi.org/10.3390/>
- Dillon-Merrill, R. L., Parnell, G. S., & Buckshaw, D. L. (2008). Logic trees: Fault, success, attack, event, probability, and decision trees. Em Wile y Handbook of Science and Technology for Homeland Security. doi:doi.org/10.1002/9780470087923.hhs004
- Direção-Geral de Recursos Naturais, S. e. (2018). <https://www.dgrm.pt/am-ec-zonas-maritimas-sob-jurisdicao-ou-soberania-nacional>.

² Empresa pública que efetua a administração dos portos comerciais da Região Autónoma dos Açores.



[Félix, R. J. \(2009\). Uso de redes telemétricas no controlo do risco de infra-estruturas de abastecimento de água em zonas sísmicas. Obtido em 20 de jan de 2024, de http://hdl.handle.net/10400.3/258](http://hdl.handle.net/10400.3/258)

[Félix, R. J. \(2022\). Disrupções Tecnológicas e o Poder dos Açores Durante a Guerra Fria. 5livros.](#)

[Fernandes, A. H. \(2009\). A Estratégia e as Relações Internacionais. Nação e Defesa\(122 - 4.ª Série\), pp. 151-172.](#)

[Galbraith, J. K. \(1983\). Anatomia do Poder. Difel.](#)

[Godet, M., & Durance, P. \(2011\). A Prospectiva Estratégica para as Empresas e os Territórios. UNESCO.](#)

[Godinho, R. \(2002\). Armada das Ilhas. Instituto Camões. Obtido em 20 de jan de 2024, de http://cvc.instituto-camoes.pt/navegaport/e06.html](http://cvc.instituto-camoes.pt/navegaport/e06.html)

[Griffiths, M., & O'Callaghan, T. \(2002\). International Relations: the key concepts. London: Routledge.](#)

[Hansom, J. \(2010\). Other Atlantic Ocean Islands. Em E. Bird\(eds\), Encyclopedia of the World's Coastal Landforms. Springer. doi:10.1007/978-1-4020-8639-7 56](#)

[Hart, J. \(1976\). Three Approaches to the Measurement of Power in International Relations. International Organization, 30\(2\), pp. 289-305.](#)

[Hattendorf, J. B., & Phil., D. \(2004\). The Evolution of the U.S. Navy's Maritime Strategy, 1977-1986. EUA: Naval War College Press.](#)

[Heuser, B. \(2010\). The Evolution of Strategy - Thinking War from Antiquity to the Present. New York: Cambridge University Press.](#)

[Höhn, K. H. \(2011\). Geopolitics and the Measurement of National Power. Hamburg. Obtido em 24 de 01 de 2024, de https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/5238](https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/5238)

[Jorge, J., & Fernandes, J. P. \(2023\). Teoria dos Jogos e Geopolítica: Mundos à Parte ou Peças do Mesmo Puzzle? Nação e Defesa\(165\), pp. 9-28.](#)

[Keohane, R. O. \(1969\). Lilliputians' Dilemmas: Small States in International Politic. International organization, pp. 291-310.](#)

[Kim, H. M. \(2010\). Comparing Measures of National Power. International Political Science Review, 31\(4\), pp. 405-427.](#)

[Leal, C. M. \(2011\). As Relações Energéticas entre Portugal e a Nigéria: Riscos e Oportunidades. Instituto da Defesa Nacional.](#)

[Leite, J. G. \(2016\). O Corvo. Uma história singular e trágica. Em T. M. Matos, & J. G. Leite\(coords\), Retratos Sociais da Ilha do Corvo \(Do povoamento aos século XIX\) \(pp. 29 - 42\). Núcleo Cultural da Horta / Câmara Municipal do Corvo.](#)

[Madeira, J. P. \(2015\). Cape Verde: geopolitics and projection of a small island State in West Africa. Austral: Brazilian Journal of Strategy & International Relations, 4\(8\), pp. 58-77.](#)



[Moreira, F. A. \(2023\). O Domínio do Poder. Compreender as causas e os interesses da geopolítica Mundial. Planeta de Livros Portugal.](#)

[Morrow, J. D. \(1994\). Game Theory for Political Scientists. Princeton University Press.](#)

[Nogueira, F. \(2009\). Abordagens Prospetivas na Nova Geopolítica.](#)

[Noorali, H., Flint, C., & Ahmadi, S. A. \(2022\). Port power: Towards a new geopolitical world order. Journal of Transport Geography\(105\).](#)

[Perestrelo, M. \(2017\). Metodologia prospetiva e mudança social. Em J. Saragoça, C. A. Silva, & J. Fialho, Prospetiva Estratégica. Teoria, Métodos e Casos Reais. Edições Sílabo.](#)

[Porteiro, F. M., & Carreira, G. P. \(2015\). O Mar dos Açores e a sua Valorização Estratégica: Descrição do Espaço Marítimo e Socioeconómico. Nação e Defesa\(141\), pp. 79-95.](#)

[Posen, B. R. \(1986\). The Sources of Military Doctrine - France, Britain, and Germany between the world wars. Nova York: Cornell University Press.](#)

[Ruijters, E., & Stoelinga, M. \(2015\). Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools. Computer Science Review, 15-16, pp. 29-62. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2015.03.001>](#)

[Saragoça, J., Silva, C. A., & Fialho, J. \(2017\). Prospetiva Estratégica. Teoria, Métodos e Casos Reais. Edições Sílabo.](#)

[Sempa, F. P. \(2002\). Geopolitics.From the Cold War to the 21st Century. New Jersey: Transaction Publishers.](#)

[Silva, A. S. \(2024\). Poder: Análise critica de um conceito. Lisboa: Tinta da China.](#)

[Sousa, E. C. \(2019\). O Gás Natural nos Confrontos da Geopolítica Global. Nação e Defesa\(153\), pp. 101-123.](#)

[Sulek, M. \(2020\). Measurement of national power – a powermetric model. Przegląd Geopolityczny\(32\), pp. 35-57.](#)

[Telo, A. J. \(1993\). Os Açores e o Controlo do Atlântico \(1898 / 1948\) \(1ª ed.\). Porto: Edições ASA.](#)

[Tomé, L. \(2010\). A Geopolítica e o Complexo de Segurança na Ásia Oriental: Questões Teóricas e Conceptuais. Obtido de <http://hdl.handle.net/11144/1767>](#)

[Tuathail, G. Ó., Dalby, S., & Routledge, P. \(1998\). The Geopolitics Reader. New York: Routledge.](#)

[Vivero, J. L.-d., & Mateos, J. C. \(2017\). Forecasting geopolitical risks: Oceans as source of instability. Marine Policy\(75\), pp. 19-28.](#)

[Wild, A. \(2005\). The Synergistic Twins: Fault Trees and Success Trees. Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2005. Proceedings, pp. 445-450. doi:\[10.1109/RAMS.2005.1408403\]\(https://doi.org/10.1109/RAMS.2005.1408403\)](#)

[Wu, S., Zhang, Y., & Yan, J. \(2022\). Comprehensive Assessment of Geopolitical Risk in the Himalayan Region Based on the Grid Scale. Sustainability, 14\(9743\). Obtido em 20 de JAN de 2024, de \[doi.org/10.3390/su14159743\]\(https://doi.org/10.3390/su14159743\)](#)



Yazdi, M., Kabir, S., & Walker, M. (2019). Uncertainty handling in fault tree based risk assessment: State of the art and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, pp. 89-104. Obtido em 20 de 01 de 2024, de www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582019305555