



Modelo “Generative Sensing and Seizing” (GSS) para a melhoria da estratégia tecnológica sob incerteza no setor aeroespacial

LEITE, D. E. S.¹, CHAGAS JR, M. F.²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluna de Doutorado do curso Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais - CSE.

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

salesleite@gmail.com

Resumo. O artigo busca melhorar o nível de confiança da tomada de decisão nos processos de seleção de tecnologias do setor aeroespacial, por meio da relação entre estratégia tecnológica e capacidades dinâmicas. Considerando a complexidade dos sistemas de P&D e a influência das incertezas nas definições estratégicas, essas organizações devem gerar e testar hipóteses, destacando a influência da abdução na geração de oportunidades. Os estudos foram feitos por meio de pesquisa e entrevistas em dois casos do desenvolvimento tecnológico na Embraer. Os resultados das análises permitiram estruturar um modelo, em desenvolvimento, que busca melhorar as decisões e a flexibilidade estratégica. As iterações que acontecem com o modelo na seleção de tecnologias mostram a extensão do conceito do “generative sensing” para a incorporação do “seizing” ao modelo de capacidade dinâmica.

Palavras-chave: Estratégia tecnológica; Capacidades dinâmicas; Incerteza; Tomada de decisão; “Generative sensing and seizing”.

1. Introdução

As estratégias tecnológicas e as dinâmicas de inovação de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em organizações do setor aeroespacial envolvem diferentes níveis de incertezas, em função das mudanças. Estas organizações realizam investimentos em P&D, mesmo com a incerteza nas previsões de retornos econômicos e científicos.

O desenvolvimento da estratégia tecnológica busca o melhor entendimento de fatores que possam contribuir com o sucesso dos investimentos, a fim de assegurar a sustentabilidade da organização. Nessa linha de raciocínio, Prahalad e Hammel (1990) destacaram a relevância das competências essenciais em uma estratégia organizacional, e essa literatura foi complementada com os trabalhos relacionados às estratégias baseadas em recursos (Penrose, 1959; Wernerfelt, 1984; Grant, 1991; Barney, 1991).

Com a evolução das pesquisas econômico-administrativas na busca pela melhor compreensão da adaptabilidade das organizações em ambientes complexos, as capacidades dinâmicas ganharam destaque nos trabalhos de Teece & Pisano (1994), Teece, Pisano, & Shuen (1997), Teece (2007), Augier & Teece (2008; Teece, Peteraf & Leih (2016), Pisano (2016), Teece (2018).



O artigo explora as características da tomada de decisão em sistemas complexos e incertos, contribuindo com a expansão do conceito de “generative sensing” para “generative sensing and seizing” (GSS), que inclui a geração e teste de hipóteses associadas às métricas de maturidade tecnológica (TRL). O “generative sensing and seizing” busca indicar se as tecnologias definidas para o desenvolvimento de determinado sistema estão ou não sob incerteza e se podem atender uma necessidade de negócio ou científica. Desta maneira, o estudo tem o objetivo de ampliar o conhecimento sobre o desenvolvimento de estratégias tecnológicas, permitindo que os tomadores de decisão lidem com a incerteza e melhorem os padrões de investimento em P&D e nos esforços de capacitação.

2. Metodologia

A metodologia se baseia em pesquisa bibliográfica e estudo de casos múltiplos, realizado por meio de pesquisa e entrevistas.

Estudo de Casos Múltiplos

O estudo de casos múltiplos analisa uma grande quantidade de dados, buscando familiarizar o pesquisador com detalhes dos casos, contribuindo com a coleta de padrões de cada caso para posterior verificação de características comuns entre os casos. Isto permite uma base mais forte na construção de hipóteses, fragmentando os casos em dimensões (Eisenhardt, 1989; Eisenhardt & Graebner, 2007).

Dois casos foram analisados na Embraer para a melhor compreensão da definição dos portfólios tecnológicos. São eles: projeto “Fly by Wire” (FBW) – retrospectivo, e projeto “Sky” (carro voador) – prospectivo. Uma análise empírica também foi realizada para dar consistência à proposta, que explora diferentes investimentos em capacidades dinâmicas e a relação dessas capacidades com a geração de oportunidades.

3. Resultados e Discussão

Primeiramente foi feita uma análise das incertezas e propriedades emergentes dos casos para melhor compreensão da influência desses fatores no processo de tomada de decisão, critérios de decisão considerados na evolução do domínio de integração para o domínio proprietário, impactos da decisão sobre a organização, e forma como as propriedades emergentes influenciaram a aprendizagem organizacional. A análise contemplou o desenvolvimento de capacidades e a forma como essas capacidades moldam a vantagem competitiva da organização a partir de suas definições estratégicas.

3.1 Incertezas e Propriedades emergentes

“Fly-by-wire” (FBW)

O FBW é um sistema que controla as superfícies de comando de voo de aviões por meio de software embarcado (Spitzer, 2011). No final da década de 80, quando a Airbus substituiu controles mecânicos por conexões elétricas, a tecnologia se tornou essencial para as fabricantes de aeronaves (Niedermeier & Lambregts, 2012).

A Embraer dominava o comportamento dinâmico da aeronave, mas não tinha a prontidão necessária para o desenvolvimento do sistema. Buscando assegurar competitividade e aceitando os riscos e as incertezas, a organização decidiu transformar o



domínio de integração em domínio próprio, incluindo a tecnologia FBW na primeira geração da família EMBRAER 170/190 (E1) (Chagas Jr., Leite, & Jesus, 2016).

As incertezas tiveram um grande impacto nos processos de tomada de decisões. E a experiência no desenvolvimento de um produto em que o domínio de integração comprometeu a finalização do programa foi o fator que influenciou a para domínio próprio. O caso mostrou que a falta de conhecimento deixou a organização inteiramente dependente de um fornecedor que encontrou dificuldades técnicas na complexidade do sistema. Outro fator relevante estava na oportunidade de verticalizar o desenvolvimento da tecnologia.

As propriedades emergentes do sistema estavam na evolução da aprendizagem organizacional, com a formação de especialistas. Esses fatores poderiam aumentar o poder de decisão interna, diminuir a dependência dos fornecedores, promover melhorias nos processos, elevar o nível de competitividade e estabelecer uma base tecnológica própria, favorecendo a retenção da propriedade intelectual.

Os principais benefícios da mudança estratégica em relação ao desenvolvimento do FBW incluem a independência tecnológica, processos robustos e maior qualidade do produto. Esses resultados também contribuíram com a maturidade da segunda geração de aeronaves Embraer 170/190 (E2) e KC390, incentivando a organização a expandir a iniciativa para outros sistemas. A decisão pelo software embarcado e integração de sistemas foi estratégica, e o desenvolvimento do software a partir da modelagem da arquitetura e componentes do sistema FBW evitou negociações com fornecedores de sistemas, permitindo autonomia no ciclo de desenvolvimento da organização.

O desenvolvimento do FBW começou sob demanda da área do programa e após atingir a maturidade, passou a gerar soluções para outros programas da organização.

Projeto “Sky” – Carro Voador

A infraestrutura de mobilidade urbana está cada vez mais comprometida com o crescimento da população e está transformando os carros voadores em realidade. As fabricantes de aeronaves perceberam uma grande oportunidade nessa tendência, em relação ao modelo de negócios e na aceleração de novas tecnologias.

A busca por soluções que combinam o melhor dos transportes terrestre e aéreo é um desafio, cuja solução está na otimização do uso de infraestruturas rodoviárias e do tráfego, liberdade pessoal de voar e melhoria dos custos em relação aos transportes convencionais (Bülthoff, 2017, Ben- Haim, Ben- Haim, & Shifan, 2018).

O desenvolvimento dos carros voadores está inserido em um ambiente de incertezas comerciais e tecnológicas, exigindo a tomada de decisão precoce, que impacta a estratégia tecnológica. Nesse contexto, a Embraer está buscando um modelo viável que combina tecnologias maduras às de baixa maturidade. O amadurecimento e a integração dessas tecnologias é um fator de incerteza que requer múltiplas parcerias estratégicas e atingem toda a cadeia de desenvolvimento. A Embraer não possui controle sobre todos esses ciclos e depende de conhecimento crítico dos parceiros para tomar decisões importantes em relação às definições do portfólio de tecnologias.

As propriedades emergentes incluem a flexibilidade do modelo e a capacidade de gerar soluções alternativas em decisões conjuntas. Os principais benefícios desse consórcio



de desenvolvimento incluem o amadurecimento mais rápido das tecnologias críticas e outros ganhos tecnológicos, como autonomia e características associadas.

3.2 Desenvolvimento das capacidades dinâmicas

Os casos também foram analisados em relação ao mapa das escolhas críticas para o desenvolvimento de capacidades dinâmicas (Figura 1), conforme definição de Pisano (2016). Diferentes níveis de incertezas na construção da estratégia tecnológica exigem investimentos em combinações de capacidades dinâmicas.



Figura 1. Mapa das escolhas críticas para capacidades dinâmicas. [Fonte: adaptado de Pisano, 2016]

Fortalecimento da aplicação – Projeto FBW

No projeto FBW, o aprofundamento das capacidades estava relacionado ao processo de melhoria do produto e capacidades de ampliação para as demandas do mercado. Para os comandos de voo e tecnologias de certificação de produtos aeronáuticos, os recursos deveriam ser específicos, mas, para o software embarcado, de propósito geral.

Uma análise estratégica do projeto trouxe a compreensão de como a nova capacidade poderia alavancar a competência tecnológica para o desenvolvimento do novo produto, considerando a redução dos riscos, a melhoria dos ciclos de desenvolvimento e a proteção da propriedade intelectual. A viabilidade econômica foi um fator secundário na equação de decisão e seu foco estava na redução de custos associada à falta de maturidade dos sistemas, que dependiam de fornecedores. A Embraer revisou sua estratégia em relação às capacidades com base na importância do domínio próprio para sistemas críticos.

Expansão de Domínio - Projeto “Sky”

No projeto Sky, grandes incertezas envolvem o lado do cliente e da organização, que investiu no aumento das capacidades de propósito geral e estabeleceu as parcerias necessárias para as capacidades específicas. Essa combinação estratégica está diretamente relacionada ao tempo demandado para o amadurecimento de tecnologias e programa.

A definição estratégica da capacidade considera o carro voador como um veículo diferente de uma aeronave convencional, definindo a ampliação da capacidade de propósito geral, por poder ser usada em veículos de outras áreas. A Embraer possui o domínio próprio de tecnologias aeronáuticas, mas também deve participar do desenvolvimento de tecnologias ainda imaturas. Esse modelo estratégico, ancorado em diferentes combinações de capacidades, visa acelerar o desenvolvimento de tecnologias de baixa maturidade para integração em um sistema de mobilidade igualmente imaturo.



O projeto “Sky” representa um sistema complexo, inovador, regulado e intensivo em tecnologias críticas. O projeto inclui a ampliação das capacidades de propósito geral (expansão do domínio), que moldam as futuras opções de entrada em novos mercados, embora seja difícil prever o lado da demanda.

3.3 Modelo “generative sensing and seizing” (GSS) para melhoria das estratégias tecnológicas no setor aeroespacial

O mercado contemporâneo exige mais agilidade das organizações na busca por melhor desempenho no modelo de respostas e definições estratégicas. O tomador de decisão, portanto, almeja respostas rápidas e a contínua adaptação de seus planos, à medida que novas realidades aparecem com a evolução do futuro (McInerney, Lempert, & Keller, 2012). O modelo GSS, relacionado às condições de incertezas, busca melhorar as definições de ações em curto, médio e longo prazos, ao estabelecer um direcionamento para as atividades futuras (Hallegatte, Shah, Lempert, Brown, & Gill, 2012, Albrechts, 2004). O tomador de decisão deve criar uma visão estratégica, sempre com compromisso com as ações de curto prazo, permitindo a adaptação do modelo ao longo do tempo (Haasnoot, Kwakkel, Walker, & Ter Maat, 2013).

O modelo do estudo, em desenvolvimento, está baseado no ambiente que caracteriza as organizações do setor aeroespacial (Figura 2).

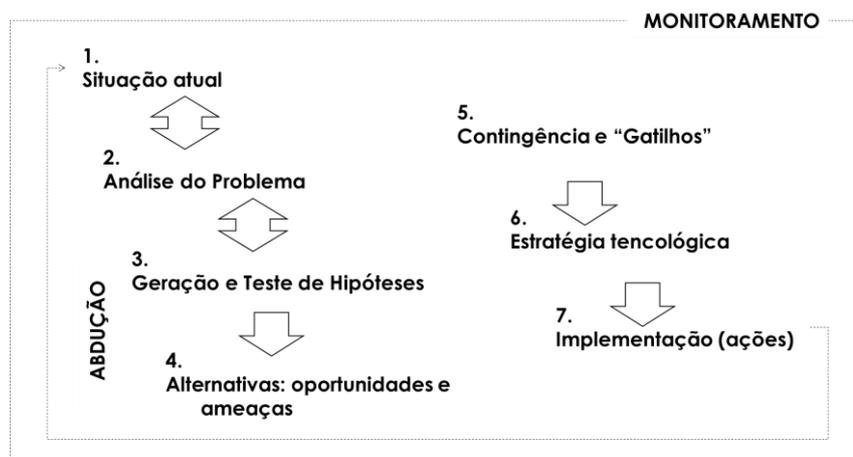


Figura 2. Modelo “Generative sensing and seizing” (GSS).

As soluções de problemas complexos dependem da capacidade da organização de combinar sua visão estratégica com ações de curto prazo, e a tomada de decisão sob incerteza. Esses fatores exigem modelos dinâmicos que respondam rapidamente às mudanças e necessidades identificadas. Busca-se, com o modelo GSS, melhorar o desempenho das organizações em relação às suas estratégias tecnológicas.

A etapa 1 contempla a análise da situação atual, com suas expectativas, tendências e incertezas. A etapa 2 se concentra nos problemas, oportunidades e vulnerabilidades das tecnologias, produtos e negócios. Nesta etapa, os níveis de TRL (Mankins, 2009) devem ser considerados pela influência nas definições estratégicas, especialmente em termos do tempo e custo necessário para o desenvolvimento da tecnologia (Figura 3).

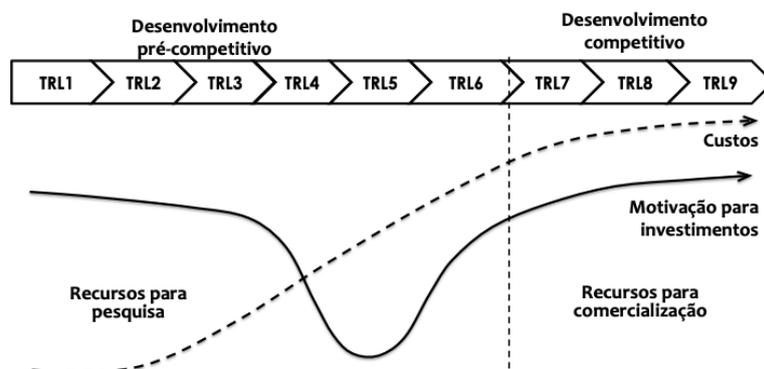


Figura 3. Custo e Motivação para Investimento em Desenvolvimento Tecnológico.

O custo para o desenvolvimento de tecnologia cresce continuamente, enquanto o comportamento da motivação para investimentos se comporta de maneira diferente. Por um lado, o interesse em pesquisa e do outro, a motivação pelo desenvolvimento de produtos. Entre esses lados, há um período crítico em que muitos eventos são interrompidos por falta de recursos. É importante que a tecnologia se desenvolva até o estágio em que a organização pode explorar seu potencial comercial. Desta maneira, a otimização desse período pode melhorar a taxa de sucesso de tecnologias que atendem às necessidades do mercado por meio da melhor integração entre as estratégias “technology push” e “demand pull” – termo usado por Sadin, Povinelli, Rosen (1989).

Nas etapas 3 e 4 (Figura 4) o conceito do sistema começa a ser definido com a geração e teste de hipóteses, que permite a exploração sistêmica do ambiente.



Figura 4. Geração e teste de hipóteses.

Na etapa 5, a informação a ser monitorada deve ser definida. A estratégia tecnológica é definida na etapa 6 com o desafio de manter as opções abertas durante a maior parte do tempo. Na etapa 7, as ações estratégicas são implementadas e priorizadas nos horizontes de curto, médio e longo prazos.

Ao longo da aplicação do modelo GSS, as informações devem ser monitoradas, analisadas e relacionadas aos gatilhos. Dessa maneira, as ações estratégicas são iniciadas, alteradas, interrompidas ou expandidas em resposta aos dados, aumentando a flexibilidade do sistema.

4. Conclusão

O artigo busca melhorar os processos de tomada de decisão em organizações do setor aeroespacial, caracterizadas por sistemas complexos e condições de incertezas, e ampliar o



conceito “*generative sensing*” para “*generative sensing and seizing*”. Nessas condições, o tomador de decisão busca conectar a estratégia tecnológica à agilidade organizacional, favorecendo a captura de oportunidades que derivam de ambientes incertos.

No ambiente de P&D, as transformações tecnológicas são imprevisíveis, exigindo estratégias mais dinâmicas e flexíveis. Assim, as capacidades dinâmicas fortes contribuem com a detecção de desenvolvimentos emergentes, permitindo mais agilidade sem comprometimento da eficiência. Essas capacidades favorecem as decisões estratégicas sob incerteza, de modo que o uso da lógica abdutiva, a geração e teste de hipóteses devem ser mais frequentes à medida que o nível de incerteza aumenta (baixos níveis de TRL).

O modelo GSS, em desenvolvimento, é importante para a flexibilidade necessária ao desenvolvimento de estratégias tecnológicas, promove a aprendizagem organizacional, permite a detecção de problemas emergentes e a criação de soluções adaptativas, melhorando as decisões estratégicas e investimentos em P&D. Desta forma, o tomador de decisão pode lidar com diferentes níveis de incerteza, desenvolvendo estratégias que respondam às mudanças necessárias. Daí a importância de repetir o processo ao longo da evolução do nível de maturidade tecnológica (TRL).

A flexibilidade estratégica é um diferencial para as organizações, especialmente em ambientes incertos. Através dos casos explorados, buscou-se detalhar as consequências das decisões sobre o desenvolvimento, a natureza e o domínio tecnológico na definição das rotas tecnológicas e os fatores associados à estratégia organizacional.

Referências

- Albrechts, L. (2004). Strategic (spatial) planning reexamined. *Environment and Planning B*, 31 (5), 743 – 758.
- Augier, M., & Teece, D. J. (2008). Strategy as Evolution with Design: The Foundations of Dynamic Capabilities and the Role of Managers in the Economic System. *Organization Studies*, 29 (8–9), 1187–1208.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Ben-Haim R., Ben-Haim G. & Shiftan Y. (2018). Penetration and impact of advanced car technologies. *MOJ Civil Eng.*, 4 (4), 175–184.
- Bülthoff, H. (2017). Flying Air Taxis: the next big game changer? Talk presented at Universität Ulm: Colloquium Cognitive Systems. Ulm, Germany.
- Chagas Junior, M. F., Leite, D. E. S., & Jesus, G. T. (2017). ‘Coupled processes’ as dynamic capabilities in systems integration. *Revista de Administração de Empresas*, 57 (3), 245-257.
- Eisenhardt, K. M., Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50 (1), 25-32.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14 (4), 532-550.



- Grant, R. M. (1991). The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation. *Californian Management Review*, 33 (3), 114–135.
- Haasnoot M., Kwakkel J. H., Walker, W., & ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: a new method for crafting Robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23 (2), 485-498.
- Hallegatte, S., Shah, A., Lempert, R., Brown, C., & Gill, S. (2012). Investment decision making under deep uncertainty application to climate change. The World Bank.
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessment: a retrospective. *Acta Astronautica*, 65, 1216-1223.
- McInerney, D., Lempert, R., & Keller, K. (2012). What are robust strategies in the face of uncertain climate threshold responses. *Climate Change*, 112, 547–568.
- Niedermeier, D., Lambregts, A. A. (2012). Fly-by-Wire augmented manual control - basic design considerations, ICAS 2012, 28th International Congress of the Aeronautical Sciences, Brisbane, Austrália.
- Penrose, E. T. (1959). *The theory of the growth of the firm*. New York: John Wiley.
- Pisano, G. P. (2016). Toward a prescriptive theory of dynamic capabilities: connecting strategic choice, learning, and competition. *Industrial and Corporate Change*, 26 (5), 747-762.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the Corporation. *Harvard Business Review*, 79–91.
- Sadin, S. R., Povinelli, F. P. Rosen, R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, 20. 73-77.
- Spitzer, C. R. (2011). *The Avionics Handbook*. CRC Press.
- Teece, D. J., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an Introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3 (3), 537–556.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509-533.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28 (13), 1319–1350.
- Teece, D. J., Peteraf, M., & Leih, S. (2016). Dynamic capabilities and organizational agility: risk, uncertainty, and strategy in the innovation economy. *California Management Review*, 58 (4), 13-35.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities, *Long Range Planning*, 51, 40-49.
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource-based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171–180.