

Estado, inovação e indústria de defesa: A Simulação Digital de Combate nos EUA

State, Innovation and Defense Industry: Digital Combat Simulation in the US

Rev. Bras. Est. Def. v. 8, n. 1, jan./jun. 2021, p. 61-85

DOI: 10.26792/RBED.v8n1.2021.75192

ISSN 2358-3932

JULIO WERLE BERWALDT
IGOR CASTELLANO

INTRODUÇÃO

A habilidade de uma nação em conduzir a guerra é diretamente associada à sua capacidade produtiva. Ou seja, o poder militar é construído, entre outros elementos, sobre fundações econômicas e, em contrapartida, a segurança nacional frente à perigos externos é uma poderosa variável no estímulo à indústria nacional. Pensadores clássicos da Economia Política, como Adam Smith e Friedrich List já acreditavam nessa relação (Earle 1986). Entretanto, a lógica de organização e produção doméstica vem sendo questionada. Isto ocorre tanto pelo advento da globalização – que engendra novos modelos para a inovação tecnológica, de forma a mitigar os custos e riscos envolvidos no processo (Bitzinger 1994) – quanto pela especificidade de condições empíricas necessárias para a concretização de fenômenos de transbordamento tecnológico via *spin-off* ou *spin-in*². Tal realidade é vislumbrada ainda com maior intensidade em setores de alto desenvolvimento tecnológico, vinculados ao processo de digitalização da guerra (Martins 2008, 250) e manifesto nos procedimentos, treinamentos e capacidades militares.

Julio Werle Berwaldt — Mestrando vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Maria. Graduado em Relações Internacionais pela Universidade Federal de Santa Maria. Vinculado ao Grupo de Estudos em Capacidade Estatal, Segurança e Defesa - GECAP. Bolsista DS da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Igor Castellano — Professor Adjunto do Departamento de Economia e Relações Internacionais e dos Programas de Pós-Graduação em Relações Internacionais e em Economia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Doutor em Estudos Estratégicos Internacionais e mestre em Ciência Política, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A compreensão sobre os requisitos de capacidades, ações e papéis do Estado para o fomento da indústria de defesa nacional, em um contexto internacional cada vez mais desafiador, é responsabilidade central dos Estudos de Defesa. Uma das tarefas mais promissoras nesse desafio é a compreensão de arranjos institucionais e papéis do Estado adotados em casos de sucesso para o desenvolvimento de capacidades militares específicas e a característica da coordenação de atores com diferentes lógicas comportamentais em atividades convergentes para a inovação tecnológica. O caso dos Estados Unidos é notório, dado o papel preponderante desempenhado pelo Estado na pesquisa e desenvolvimento de toda indústria computacional (Perez 1983). A atuação de institutos como a *RAND Corporation* e a integração entre os setores civis e militares engendraram um paradigma de transbordamento de tecnologias, que a partir da incorporação ao setor civil, obtiveram escala de produção e posterior diminuição de custos, possibilitando a aplicação em larga escala.

O presente artigo é um esforço em prol da organização da bibliografia disponível, dado que o conhecimento produzido sobre o caso dos EUA é descontínuo e permeado por especificidades técnicas dos sistemas empregados. Além disso, há pouca reflexão sobre (i) as variações históricas no papel estimulador desempenhado pelo Estado e (ii) os atuais desafios do Estado no desenvolvimento de soluções aplicadas à defesa nacional. Tais questionamentos advêm do cenário de privatização e globalização de atividades econômicas vinculadas às tecnologias de informação e comunicação, e são especialmente pertinentes quando se analisa o país que possui o maior desenvolvimento industrial em defesa (Béraud-Sudreau et al. 2020) e os maiores gastos militares (IISS 2021). Ambos os fenômenos podem ser observados no caso particular do desenvolvimento de sistemas de simulação digital de combate.

A simulação de combate apresenta-se enquanto representação de um evento, ou uma sucessão de eventos inter-relacionados; como técnica de treinamento militar em que se reproduz as ações a serem desenvolvidas durante o uso de equipamento específico ou durante treinamento militar (Gilbert 2016, 380). A prática da simulação pode utilizar ou não sistemas apoiados em tecnologia da informação para ampliar a fidelidade do treinamento. Quando mediada por computadores, a simulação de combate insere-se no ambiente digital e sua indústria absorve as lógicas econômicas particulares do setor de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Os sistemas de simulação digital têm se tornado instrumentos capazes de alterar os meios de conduta da guerra, fornecendo complementos valiosos à manutenção da capacidade combatente e oportunidades para o desenvolvimento da indústria de defesa nacional (Henrotin 2016). A análise

específica do desenvolvimento do setor permite observar uma relevante dualidade, participação de instituições de pesquisa em programas de P&D e diferentes formas de ação do Estado na relação com tal indústria.

Este artigo procura ampliar discussão das temáticas do Estado e da digitalização nos Estudos de Defesa, ao compreender o papel do setor de simulações digitais de combate no fortalecimento da capacidade estatal e no desenvolvimento tecnológico nacional. Trabalha-se com a hipótese que, na incorporação de novas tecnologias ao setor de defesa, não importa tanto o tipo (extrativa, coercitiva ou administrativa) ou a variação nas capacidades estatais (Hanson and Sigman 2013; Weiss 1997; Evans 1997; 1995; Przeworski 1995), mas sim a adaptabilidade dessas capacidades frente às pressões sistêmicas de mercado. Partindo da premissa que o Estado estará presente no processo de inovação, operacionaliza-se a discussão de capacidades estatais em papéis que o Estado pode vir a desempenhar. Especificamente, no caso estadunidense identificam-se três papéis desempenhados pelo Estado desde 1945 (interessado, indutor e organizador, respectivamente) que garantiram a sua capacidade de estimular o desenvolvimento tecnológico do setor em prol da soberania nacional em diferentes contextos sistêmicos.

A problemática é tratada a partir de uma metodologia qualitativa de mapeamento de processos, apresentando a lógica de aquisição enquanto variável interveniente para a determinação do sucesso na organização de um nicho tecnológico específico e sua incorporação ao setor militar. A capacidade de implementar uma lógica de aquisição capaz de se adaptar às pressões sistêmicas do mercado apresenta-se como a chave para o sucesso das indústrias do setor. A adoção do mapeamento de processos justifica-se pela busca de implicações observáveis da atuação do mecanismo causal (Bennett 2004, 30). A utilização do mapeamento de processos também auxilia na superação de argumentos de correlação. Ao invés de demonstrar os valores absolutos destinados à aquisição de sistemas de simulação digitais de combate e os contratos firmados com empresas do setor.

As variáveis independentes analisadas para o teste da hipótese são: objetivos estratégicos, arranjos institucionais e dualidade da tecnologia. As fontes utilizadas são documentais e bibliográficas. Enquanto as fontes primárias fazem-se necessárias para compreender os discursos que alicerçam o incentivo (ou a falta dele) ao emprego de simulações militares na amostragem que virá a ser avaliada, as secundárias englobarão o debate acadêmico, iniciativas de avaliação e proposição de cenários justificáveis às capacidades encontradas. O trabalho está organizado em cinco seções e uma conclusão. A primeira seção contextualiza a relação entre Estado, indústria de defesa e tecnologia. A segunda seção introduz e delimita a tipologia proposta para

a atuação estatal. A terceira, quarta e quinta seções aprofundam o papel do Estado, do setor privado e instituições de pesquisa, apresentando cronologicamente a evolução do setor de simulações digitais de combate. Por fim, retoma-se o argumento de que o papel estatal é fundamental para uma inserção sustentável da iniciativa privada na indústria de defesa.

ESTADO, PRODUÇÃO INDUSTRIAL EM DEFESA E CAPACIDADES MILITARES

O papel ativo do Estado no processo de Pesquisa & Desenvolvimento, doravante referido como P&D, em tecnologias relacionadas à indústria de defesa é objeto comum de estudo entre economistas, cientistas políticos e internacionalistas. Vernon Ruttan (2006, 159) demonstra que um amplo leque de tecnologias de aplicação geral teria sua maturação consideravelmente desacelerada caso não houvesse estímulos ao desenvolvimento tecnológico via aquisição de Defesa. Em alguns casos, como no setor nuclear, o autor duvida que a tecnologia sequer existiria sem o interesse da defesa nacional.

Esta relação é bastante cara ao caso estadunidense. Desde seu processo de independência, o país já vislumbrava a possibilidade de utilizar da política econômica como um instrumento para a maximização do poder nacional. O “Relatório das Manufaturas”, produzido por Alexander Hamilton em 1791, já explicitava a necessidade de uma economia diversificada como garantia da segurança nacional (Earle 1986, 232). Segundo Giovanni Arrighi (1996, 247), a integração vertical das empresas, apresentada como uma inovação organizacional, facilitou a tarefa de direcionar mercados e processos de trabalho em benefício dos interesses estadunidenses.

Ao iniciar do século XX, os Estados Unidos dispunham de uma ampla produção doméstica, marcada pelo sistema de partes intercambiáveis (Best 1990) e também pela produção de petróleo, enquanto os países europeus apresentavam um declínio na capacidade de produção em massa frente à elevada produtividade estadunidense. Ademais, o sistema europeu esteve baseado no modelo de grandes compras, fossem elas governamentais ou privadas, ao passo que nos Estados Unidos, a produção em massa dependia de um grande número de consumidores. Este processo de transformação não se deu de forma automática, tendo em seu centro, segundo Carlota Perez (1983), o papel direto da influência estatal mediante aquisições de defesa, gerenciamento de demanda e mecanismos inovadores para a redistribuição de renda.

O papel da inovação tecnológica na escalada dos investimentos militares do período é de difícil mensuração. A grande novidade do período, segundo McNeill (1982, 278) está nas mudanças das características do

ambiente de geração de inovações. Se anteriormente estas foram produto de iniciativas isoladas que recebiam auxílio de mecânicos e técnicos para a prototipagem, a aproximação entre setores militares e industriais permitiu que as demandas das forças armadas chegassem à indústria e que as compras estatais garantissem o retorno dos custos de desenvolvimento. A intersecção público-privada tem sido, desde então, questionada quanto aos imperativos do processo de tomada de decisão, manifestando-se em duas características do século XX que perduraram, a saber: a industrialização da guerra (Giddens 2001) e a politização da economia (Arrighi 1996).

A simples existência uma tecnologia não é suficiente para impactar uma sociedade, bem como a natureza e dimensão de seu impacto são determinadas pelos elementos heterogêneos que, em conjunto, cumprem em uma função e estão inseridos em uma sociedade. A introdução de uma nova tecnologia militar é altamente dependente da trajetória, visto que não altera somente a posição das tecnologias empregadas, mas também as necessidades de infraestrutura, a legislação e doutrina vigentes, as cadeias de fornecimento e toda configuração de funcionamento existente. Adota-se aqui uma visão institucional da tecnologia, que concorda com a literatura existente quanto aos custos envolvidos na mudança institucional e a dificuldade para com o rompimento das normas e comportamentos vigentes (DeVore 2012; Thelen 2003).

No presente trabalho consideram-se as fronteiras nacionais para delimitar a análise da indústria de defesa nos sistemas de inovação. Apesar da observação de que políticas de inovação militar orientadas para capacidades³ levam a um aumento na relevância da inovação civil para a indústria militar, o presente trabalho defende a hipótese de que este processo não alcança sucesso sem que exista algum grau de capacidade estatal capaz de lidar com as pressões do mercado. Os objetivos securitários manifestam-se no incentivo à P&D, no controle da proliferação e no caráter estratégico das alianças na indústria de defesa – constituindo incentivos negativos à liberdade de associação no setor privado – sendo a globalização da indústria de defesa um processo ainda incipiente em termos práticos (Reppy et al. 2000, 7; DeVore 2012).

Por ser um segmento da economia na vanguarda tecnológica, esperam-se externalidades de inovações para o setor civil. Exemplos de tecnologias inicialmente militares que posteriormente tiveram aplicação civil abundam, notadamente na área de Tecnologia da Informação e Comunicação: GPS, o uso de redes neurais e até mesmo da internet, telefonia móvel e outras (ABDI 2010, 9). Do ponto de vista da guerra, a relevância da tecnologia pode ser definida a partir de sua capacidade de produzir resultados táticos e estratégicos (Duarte 2012, 29). O argumento pelo desenvolvimento

tecnológico nacional via indústria de defesa tem em seu cerne a premissa da dualidade, que corresponde ao potencial que determinada tecnologia possui para ser empregada tanto com fins civis quanto militares.

Referindo-se à Base Industrial de Defesa, tais definições são problemáticas. É necessário reconhecer que as empresas predominantes integram diversas outras empresas menores. Do mesmo modo, a dualidade na tecnologia dos bens engendra uma hierarquia de produtos com características genéricas que ganham diferenciação à medida que se distinguem os setores militares e civis. No nível mais genérico, a maioria das tecnologias é de uso dual, como por exemplo materiais, componentes, fabricação e subsistemas (Dunne 1995, 403). A questão da dualidade torna-se ainda mais sensível quando da exportação de tecnologias de defesa, dado o caráter sensível da tecnologia, em que o país de origem alocou recursos monetários e de tempo para atores cujas intenções sempre podem ser mascaradas (Mallik 2004, 104). A dualidade tecnológica interessa ao estado pela obtenção de economias de escala que diminuem os custos da aquisição militar: mesmo que o uso dual garanta que as firmas atinjam um maior número de clientes e deem contornos comerciais ao P&D estatal, em países como os EUA, o cumprimento das missões ainda é o imperativo predominante na inovação tecnológica (Weiss and Thurbon 2020, 10).

CONSOLIDAÇÃO SETORIAL E A AVALIAÇÃO DA MATURIDADE TECNOLÓGICA

O financiamento em defesa deu origem aos computadores, à energia nuclear, circuitos integrados, internet, semicondutores, radares, sonares, propulsão à jato, telefones portáteis, transistores, micro-ondas e o GPS. Na indústria computacional, apesar do aprimoramento da tecnologia por meio das empresas privadas, o financiamento militar orientado pela necessidade de vitória em conflitos acelerou dramaticamente o processo de desenvolvimento dos computadores, sobretudo até a década de 1960. Gigantes como a IBM, Raytheon e General Electric obtiveram seu sucesso através da combinação entre vendas comerciais e subsídios de defesa. O computador surge com pretensão meramente matemática e estatística, mas que acabou por tornar-se a base da supremacia norte-americana durante a Guerra Fria ao facilitar a manutenção de todo o efetivo de defesa existente no país. Isso significa que, no princípio, a tecnologia computacional também apresentava baixa dualidade, condicionada à aquisição pelo Estado (Mead 2013, 14).

Se durante a Guerra Fria, a iminência do conflito justificava vultosos investimentos em defesa, o fim desta alterou o contexto orçamentário. A dificuldade na legitimação de grandes investimentos estatais em pesquisa

e desenvolvimento militar, bem como a ascensão do setor civil à vanguarda do desenvolvimento tecnológico, dificultou a visualização do paradigma de spin-off. Conforme Reppy et al (2000, p. 5), “as novas tecnologias ainda podem ser uma importante fonte de poder militar estatal, mas a forma pela qual irá desempenhar tal papel ainda é nebulosa”. Do mesmo modo, a liderança no desenvolvimento tecnológico difundiu-se hoje para as mãos do setor privado. Sobre difusão tecnológica, entende-se o espalhamento natural de tecnologias a partir de quaisquer interações tecnológicas, acontecendo por meio de aquisição, desenvolvimento, transferência, coprodução ou mesmo comércio intelectual (Mallik 2004, 103).

Nesse contexto, as capacidades militares são expandidas mediante alternativas tecnológicas que influenciem no planejamento estratégico. A capacidade técnico-industrial de uma nação torna-se uma função da sua produção de inovações e da incorporação destas à rotina das empresas e organizações. O surgimento de inovações no setor civil engendra curvas de aprendizado que podem influenciar o desenvolvimento militar e eventuais transbordamentos. Indústrias de defesa, bem como as de alta tecnologia, podem vir a ser pressionadas a adotar práticas de mercado que superem as restrições de transferência tecnológica, tendo como imperativo a expansão em mercados internacionais (Mallik 2004, 119).

Seguindo este raciocínio, o presente trabalho considera possível afirmar que existem papéis que o Estado pode desempenhar no desenvolvimento de inovações tecnológicas, papéis relacionados ao estágio de maturação da tecnologia observada. Para lidar com questões de desempenho, cronograma e orçamento, surge, na década de 1970, o conceito de Avaliação de Maturidade Tecnológica (do inglês TRA – *Technology Readiness Assessment*). Em suma, a avaliação consiste na análise quanto à maturação de determinada tecnologia ou capacidade em termos econômicos e técnicos, sendo esta conduzida em diversos pontos do ciclo de vida de um determinado produto ou tecnologia (Mankins 2009, 1217).

Os níveis de maturidade tecnológica compreendem: (i) observação e documentação dos princípios básicos, (ii) formulação conceitual para a tecnologia e suas aplicações, (iii) prova de conceito das características da tecnologia, (iv) validação de componentes em laboratório, (v) validação de componentes em ambientes relevantes, (vi) demonstração de protótipo (ou de subsistemas) em ambiente relevante, (vii) demonstração do protótipo completo em ambiente operacional, (viii) sistema completo e qualificado via teste e demonstração em ambiente operacional e (ix) sistema “provado” mediante sucesso em missões e operações (Mankins 2009, 1218).

Para o desenvolvimento de sistemas digitais de simulação de combate no caso estadunidense, propõem-se três tipologias para a atuação estatal: o

primeiro, o Estado Interessado, é caracterizado pelo estágio inicial de uma tecnologia ou sistema, reconhecendo as potencialidades, mas sem que suas aplicações estejam claramente delimitadas. O segundo, o Estado Indutor, compreende o estágio em que as aplicações da tecnologia e as expectativas quanto ao emprego desta estão mais bem definidas, precedendo seu teste e prova em ambiente operacional. Por fim, o Estado Organizador compreende a capacidade do Estado em organizar a inovação incremental, produção de sistemas e convergência entre firmas.

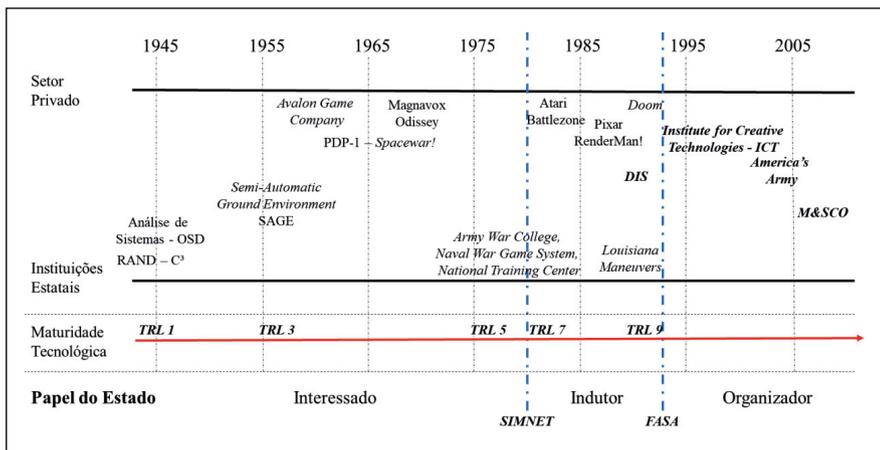


Figura 1 — Maturação tecnológica dos Sistemas Digitais de Simulação de Combate.
Fonte: Elaboração própria.

A ideia de tipificar os papéis de atuação estatal não é novidade às ciências sociais aplicadas. Em sua obra *“Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation”*, Peter Evans (1995) apresenta quatro tipos de inserção do Estado na sociedade, de forma a promover a transformação industrial e relacionar-se com o capital privado, apresentando diferentes graus de atuação estatal vinculados a diferentes setores industriais. A ideia de um estado empreendedor, responsável por assumir riscos aos quais o capital privado não está disposto, aparece também na obra de Mariana Mazzucato. Para a autora, “mesmo durante um período de expansão, a maioria das empresas e bancos iria preferir financiar inovações incrementais de baixo risco, esperando que o Estado deixasse sua marca em áreas mais radicais” (Mazzucato 2014, 23–24). Na obra *“O Estado Empreendedor”*, Mazzucato exemplifica um padrão de ação estatal, lidando com os riscos na incerteza

envolvida no processo de inovação disruptiva. Sem a participação estatal, não haveria a base fundacional para o advento da biotecnologia e das tecnologias de informação, seja pela internet ou pelas tecnologias desenvolvidas mediante financiamento estatal embarcadas em smartphones.

O ESTADO INTERESSADO: EXPLORAÇÃO TECNOLÓGICA E APLICAÇÕES POTENCIAIS

As forças armadas sempre desejaram formas de travar combates em ambientes artificiais, a fim de preparar-se para o conflito real. Entre as primeiras manifestações do processo de desenvolvimento de técnicas de simulação, pode-se apresentar as caixas de areia, com representações de soldados e unidades, utilizadas pelos comandantes a fim de explicar o planejamento de guerra, e que também permitia o debate quanto à formulação estratégica em prol da efetividade. As caixas de areia evoluíram para jogos de tabuleiro, como por exemplo o *Königspiel* alemão, que data do século XVII, representando em um tabuleiro as hierarquias existentes no exército. Antes mesmo da digitalização, existiu o “ensaio” de manobras e utilização de armamentos e equipamentos de suporte (como rádios), à exemplo do realizado pelo exército estadunidense antes de enviar soldados à Europa durante a Segunda Guerra Mundial (Smith 2014, 666–7).

Especificamente no setor de simulações, a Segunda Guerra Mundial marcou o início das aplicações de modelagem enquanto meio para planejamento da Guerra. Analiticamente, as aplicações desejadas voltavam-se à prática operacional em setores como o gerenciamento de operações com comboios e o aprimoramento e avaliação da precisão do lançamento de bombas. Os modelos analíticos foram construídos a partir de princípios físicos e estatísticos, cujo processamento se dava com calculadoras mecânicas, prezando pela lógica de aplicação dos modelos no mundo real (Davis 1995, 1141). No imediato pós-guerra, a ênfase do Escritório do Secretário de Defesa (OSD) voltou-se à modelagem de questões estratégicas e políticas, sob o nome de “análise de sistemas”.

De acordo com Davis (1995, 1142), houve uma mudança de objetivo, onde as simulações de combate deram lugar a simulações mais ou menos estáticas, capazes de representar os recursos materiais envolvidos nas mobilizações das partes em conflito. A partir da agregação de equações, os sistemas de simulação militar entraram em sua forma embrionária, limitados pela capacidade dos computadores da época e utilizada no desenvolvimento de sistemas antimísseis balísticos. A invenção do computador, em 1946, foi rapidamente incorporada ao treinamento militar. Em 1948, o exército dos Estados Unidos passou a utilizá-los para representar as aeronaves ini-

migas e artilharia antiaérea em um plano cartesiano (Smith 2014, 668). Os sistemas também passaram a utilizar simulações Monte Carlo, desenvolvidas dentro do Projeto Manhattan a fim de analisar a difusão aleatória de nêutrons em materiais nucleares. A simulação de Monte Carlo se aplica a sistemas que não podem ser descritos com uma equação matemática que capture o comportamento inteiro do sistema. Simulações complexas requerem modelos estocásticos, onde pelo menos uma das variáveis é aleatória (Rubinstein and Kroese 2008, 82;84).

Posteriormente, tal sistema evoluiu para o que viria a se conhecer como SAGE (sigla para *Semi-Automated Ground Environment*), desenvolvido pela RAND Corporation⁴, que buscava implementar, com cobertura nacional, uma estrutura de comando, controle e sistemas de comunicações, conectando radares, bases da força aérea e outras unidades operacionais em uma hierarquia de centros de comando (Crogan 2011, 6–7). O projeto SAGE contou com a participação de empresas como a IBM, *Bell Laboratories* e *Western Electric*. Observando em retrospecto, as limitações oriundas do projeto SAGE demonstram a importância do envolvimento estatal nos estágios iniciais da pesquisa e desenvolvimento. Mesmo sem resultar em um produto funcional, o programa contribuiu para o avanço de memórias com núcleo magnético, técnicas para renderização gráfica, simulação, transmissão de dados digitais e estabelecimento de redes de computadores (CROGAN, 2011, p. 6–8). Igualmente, o financiamento de defesa, direcionado através da Agência de Projetos de Pesquisa Avançados de Defesa (*Defense Advanced Research Programs Agency – DARPA*) e do Escritório de Pesquisa Naval (*Office of Naval Research – ONR*), teve papel fundamental na criação de tecnologias para gráficos de computadores, incentivando parcerias com as universidades de Utah, Cornell, Carolina do Norte, Estado de Ohio e Instituto de Tecnologia da Califórnia.

O ONR, a Força Aérea dos Estados Unidos e a Agência Central de Inteligência (Central Intelligence Agency – CIA) também financiaram, juntamente à empresa Bell Labs, o desenvolvimento do *head-mounted display*, o embrião dos óculos de realidade virtual. Um dos nomes envolvidos no projeto era Ivan Sutherland, à época na Universidade de Harvard. Sutherland participou também orientando Jim Clark, na Universidade de Utah, no desenvolvimento de circuitos para sistemas gráficos. Juntos, os pesquisadores criaram a *Silicon Graphics*, uma das maiores fornecedoras de componentes para as indústrias de defesa e entretenimento (CSTB 1997, 25).

A abertura do espectro de utilização dos computadores enquanto ambientes de representação virtual se deu em 1962, a partir do desenvolvimento do que se pode chamar de “o primeiro vídeo-game”. Era o *Spacerwar!*, desenvolvido por estudantes de engenharia do *Massachusetts Institute of*

Technology – MIT, financiados pelo Pentágono. O programa foi desenvolvido para o PDP-1, sigla de *Programmed Data Processor*, um dos primeiros microcomputadores (Kline, Dyer-Witthoford, and Greig 2003, 80). Nos anos 70, a Universidade de Utah desenvolveu métodos para a geração de imagens 3D mais avançadas que a simples representação de retas, avançando para a representação das perspectivas dos objetos e da suavização de bordas. Desenvolvimentos posteriores no Instituto de Tecnologia de Nova York criaram a base a partir da qual surgiram os motores gráficos (CSTB 1997, 24).

O incremento na capacidade computacional possibilitou a execução das simulações construtivas a partir de sistemas digitais, originando os *wargames*, IDAHEX (desenvolvido em 1976) e *McClintic* (MTM). Os sistemas de simulação digitais tornaram-se objeto de estudo na Universidade de Defesa Nacional (*National Defense University*), a Escola de Guerra do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army War College*) e a *RAND Corporation*. Segundo Davis (1995, 1142), nas décadas de 1960 e 1970, os modelos de simulação de combate passaram a ser desenvolvidos em seis diferentes níveis: campanha a nível de teatro, batalhas, missões, engajamentos, encontros e performance/efeitos físicos. Desenvolveram-se também modelos para simulação de suporte a operações: mobilidade tática e estratégica, reabastecimento e reparos, marcados pela baixa integração humana em prol da reprodutibilidade dos experimentos. Os sistemas de simulação de combate iniciais enfatizavam a reprodutibilidade dos experimentos em detrimento do contexto político. Entre suas características, estavam a não integração das cadeias de Comando e Controle, ênfase em fatores quantificáveis, desprezo aos fatores de tempo e manobrabilidade, baixo caráter construtivo e pouca integração estratégica, sobretudo no campo nuclear.

O ESTADO INDUTOR: A ASCENSÃO DO SIMNET

Com o aprimoramento da capacidade computacional, vislumbraram-se oportunidades para o treinamento simulado da coordenação de forças. Tal interesse foi proveniente, sobretudo, da necessidade de treinamento de manobras de combate em períodos que o país não estivesse diretamente envolvido em conflitos militares. O projeto SIMNET, aprovado pela DARPA ao fim de 1982, iniciou em 1983 com três grandes contratadas: *Perceptronics*, responsável pelo desenvolvimento dos requisitos de treinamento, o desenho conceitual do *hardware* embarcado nos simuladores de veículos e a integração dos sistemas; a *BBN Laboratories Inc.*, participante no desenvolvimento da ARPAnet, e que foi responsável pela arquitetura de redes e tecnologia gráfica e; a *Science Applications International Corporation*

– SAIC, responsável pela condução de estudos em treinamentos e experiências instrumentadas no Centro de Treinamento Nacional – NTC, no *Fort Irwin, California* (Lenoir and Lowood 2005, 436).

A SIMNET consistiu na fabricação de simuladores virtualmente integrados, a fim de criar um campo de batalha virtual consistente. O desenvolvimento de protocolos e do ambiente da ARPAnet serviram como infraestrutura para a interligação de simuladores. Os sistemas de simulação foram projetados a partir de um conceito de “fidelidade seletiva”, capaz de especificar o propósito das simulações e, a partir deste, as informações necessárias ao usuário. (Miller and Thorpe 1995, 1136). Como resultado da iniciativa SIMNET, a DARPA identificou a necessidade de criação de um protocolo para a integração de sistemas de simulações digitais, em um processo de revisão e avaliação da experiência adquirida. Em 1992, foi homologado pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletronicos – IEEE, o protocolo DIS – *Distributed Interactive Simulation*.

Os modelos testados nos sistemas de simulação só vieram a ser utilizados em combate nas operações *Desert Storm* e *Desert Shield*, conduzidas com base no exercício *Internal Look 90*, utilizando Sistema de Suporte a Exercícios Conjuntos (*Joint Exercise Support Service — JESS*) como plataforma de teste para o desenvolvimento do plano de defesa da península arábica, apoiado por órgãos como o Comando de Doutrina e Treinamento do Exército Americano (*United States Army Training and Doctrine Command – TRADOC*) e centros de Pesquisa e Desenvolvimento, como a *RAND Corporation* e a *MITRE Corporation*, utilizando-se da infraestrutura desenvolvida a partir do programa SIMNET. Segundo Lenoir (2000, 325), um sistema de simulação digital baseado no protocolo DIS já era capaz de executar mais de dez mil simulações ao mesmo tempo

Posterior à Guerra do Golfo, o TRADOC passou a perceber que, além de modelar componentes de *hardware* dos sistemas militares, os sistemas de simulações digitais, poderiam constituir ferramentas para treinar os procedimentos de implementação estratégica em ambientes de incerteza. Para realizar esta tarefa, os desenvolvedores do sistema se valeram de dados coletados pelos equipamentos na Batalha de *73 Easting*, recriando uma batalha com um resultado conhecido a fim de demonstrar o decorrer desta aos militares de alto escalão responsáveis pelo planejamento de futuras campanhas similares (Lenoir 2000, 329–31).

A nível de organização militar, o papel preponderante no desenvolvimento de ferramentas de modelagem e simulação é, desde 1992, do Comando de Simulação, Instrumentação e Treinamento (*U.S. Army Simulation, Training and Instrumentation Command – STRICOM*), cujo projeto inicial foi o contrato JSIMS (Sistema de Simulação Conjunto), direcionando os

resultados obtidos a partir da SIMNET em uma busca por sinergia. A sinergia é descrita enquanto convergência de percepções entre tomadores de decisão nas forças armadas e executivos das indústrias de defesa. Tal sinergia se observou na criação de um ambiente virtual distribuído a partir dos desdobramentos da SIMNET e DIS, com a posterior consolidação de um sistema de comando, controle, comunicação, computadores e inteligência (C4I), interoperável através de uma arquitetura comum de alto nível HLA⁵ (*High Level Architecture*) (Der Derian 2001, 85).

Ainda em 1992, com as Manobras de Louisiana, conhecidas por LAM (*Louisiana Maneuvers*), a utilização de tecnologias de informação e comunicação apresentou-se como alternativa para a condução de operações em localizações distintas com a captura de dados sensíveis. A utilização da simulação distribuída interativa permitiu a identificação de tecnologias e oportunidades capazes de minimizar custos e riscos, bem como revelou tecnologias com pouca aplicação prática. Estes processos evoluíram e originaram seis laboratórios de batalha em diferentes localizações: *Fort Knox*, *Fort Benning*, *Fort Leavenworth*, *Fort Sill*, *Fort Munroe* e *Fort Sill*. (Farrell, Rynning, and Terriff 2013, 28–29).

A etapa do Estado Indutor marca também o desenvolvimento de sistemas de simulação digital de combate com forte dualidade junto aos jogos comerciais, o que abriria caminho para a relação simbiótica entre Estado e setor privado vista no período posterior. O jogo *Battlezone*, lançado em 1980 pela empresa Atari, representava em primeira pessoa os disparos de canhão em um blindado. O jogo chamou a atenção do Comando de Treinamento e Doutrina (TRADOC), que solicitou a construção de uma versão modificada, a ser utilizada no treinamento dos novos blindados *Bradley*. Apesar de desenvolvida, a plataforma jamais chegou a ser empregada.

Posteriormente, o lançamento de *Doom*, em 1993, despertou a atenção do Escritório de Modelagem e Simulação do Corpo de Fuzileiros Navais – MSMCO: dado o baixo orçamento, o escritório já dispunha de tradição em adotar ferramentas de treinamento de forma a maximizar o custo/benefício. Com o lançamento de *Doom II*, em 1994, a desenvolvedora *id Software* passou a encorajar os jogadores a empreenderem suas próprias modificações ao jogo, o que foi feito no âmbito do MSMCO com o intuito de treinar o trabalho em grupo e a tomada de decisão em frações de segundo, necessárias ao combate (Mead 2013, 20–22).

Este modelo de relações simbióticas entre o setor privado e as demandas militares caracterizaram as relações posteriores, dado que a adaptação de jogos comerciais para o ambiente militar envolve o recrutamento de desenvolvedores, a fim de criar conteúdo mediante acordos de licenciamento. Diversos jogos comerciais, como o *Delta Force 2*, *Steel Beasts* e *Falcon*

4.0 foram adaptados por forças armadas ao redor do globo, inclusive pelo Exército Brasileiro (Dall’Agnol et al. 2016). O desenvolvimento de modificações (os populares *mods*, compostos por adição de conteúdo e revitalização gráfica) também foi responsável pela extensão da vida útil dos jogos comerciais (Fong, 2006).

O Estado Organizador: maturidade tecnológica e ampliação de mercado

A partir do *Federal Acquisition Streamlining Act*, de 1994, o DoD passou a adquirir tecnologias “comerciais das prateleiras” (*Commercial off the Shelf*). Neste contexto, as indústrias de defesa passaram a buscar novos clientes a fim de oferecer mercadorias de alto valor agregado, o que gerou uma relação simbiótica com a indústria de videogames, com retroalimentações dos *spin-offs* da indústria de defesa (Lenoir and Lowood 2003; Lenoir 2000; Crogan 2011; Der Derian 2001). Atualmente, as aplicações das tecnologias de simulação digitais são utilizadas desde o básico, na educação e treinamento de soldados, para ensino de operações em campo de batalha, interação cultural, aprendizado de linguagens, manuseio de armamentos, tratamento de estresse pós-traumático e reintegração de veteranos à sociedade civil (Mead 2013).

Com o compartilhamento do objetivo de construção de um ambiente virtual imersivo, os investimentos das indústrias de defesa e do entretenimento convergem na criação de ferramentas para criação de: (i) ambientes sintéticos capazes de responder fielmente aos sentidos humanos de múltiplas formas (visual, auditiva, tátil, movimento, infravermelho, radar); (ii) interfaces para interação dos participantes com o sistema (telas sensíveis ao toque ou não, cursores, teclados, dispositivos de entrada e saída em geral) capazes de aprimorar a experiência de uso; (iii) tecnologias de rede capazes de diminuir a latência entre participantes (protocolos, arquiteturas, materiais condutores); (iv) geração de forças por computador e criação de agentes autônomos capazes de representar tanto aliados quanto inimigos (CSTB 1997, 29).

A popularização de tecnologias de realidade virtual só foi possível graças às relações entre o investimento público e a indústria de entretenimento. O primeiro sob a forma de uma estrutura de P&D compreendendo governo, indústrias e universidades, a segunda pela possibilidade de aumento da escala e ampliação de mercados. Conforme Der Derian (2009) e Lenoir e Lowood (2003), a indústria de simulações foi o berço de empresas como a SAIC (*Science Applications International Corporation*), *Perceptronics*, *BBN Laboratories*, *Silicon Graphics*, *Reflectone*, *ViewPoint DataLabs*, e o posterior consórcio *Paradigm Simulations*. Ao mesmo tempo recebeu a participação de ramificações das grandes *Defense Contractors*: *Lockheed Martin*, *McDonnell Douglas*, *Boeing*, *Hughes*, *Evans & Sutherland*, *Raytheon* e *Northrop*.

Um exemplo desta sinergia é o desenvolvimento do *RenderMan*, plataforma desenvolvida pelo estúdio Pixar a fim de “construir um filme inteiro a partir de materiais gerados por computador”, por graduandos do *Utah Graphics Program*, ex-funcionários do *New York Institute of Technology* e da *Boeing*. Com a criação de ferramentas de renderização capazes de interpretar matrizes tridimensionais e descrever os objetos, fontes de luz, posição do observador e ambiente atmosférico, o *RenderMan* tornou-se o padrão para o desenvolvimento de aplicações, sendo empregado em filmes como *Toy Story*, *Jurassic Park* e *O Exterminador do Futuro 2*. A circulação de pessoal e de financiamentos garantiu a aplicação do projeto na visualização de sistemas complexos, projeto da DARPA, e na simulação de túneis de vento, projeto da NASA (Lenoir 2000, 304; National Academies Press 1999, 243).

O DoD identificou as transformações decorrentes do emprego de sistemas digitais de Modelagem e Simulação (M&S) e incentivou a continuidade do desenvolvimento destes. O órgão passou também a gerenciar os exercícios de simulação enquanto instrumentos para tempos de contingência. A partir desta necessidade, foi criado, em 2006, o Escritório de Modelagem e Simulação em Defesa (*Defense Modeling and Simulation Office – DMSO*), com o objetivo de facilitar o emprego de M&S na educação, treinamento e operações militares; P&D; avaliação, produção e logística (Smillie 1993, 957).

O DMSO foi criado de forma a produzir avanço em dez áreas do emprego de sistemas de M&S: (i) facilitar o intercâmbio de informações e dados específicos de M&S; (ii) padronizar as atividades de M&S à nível do DoD; (iii) criar uma arquitetura para a execução dos padrões de interoperabilidade; (iv) otimizar o tráfego de dados nas redes de simulação; (v) instrumentar integração de simulações vivas ao sistema de interoperabilidade virtual e construtiva; (vi) relacionar as práticas de M&S às cadeias de Comando e Controle; (vii) garantir a segurança do ambiente de simulações digitais distribuídas mediante políticas específicas de utilização, identificação de problemas e recomendação de soluções; (viii) direcionar o desenvolvimento de forças automatizadas com representações comportamentais, tendo em vista a economia de escala, aplicação completa das tecnologias disponíveis; (ix) otimizar o uso de recursos limitados; e (x) possibilitar representações de todas as forças. Por fim, o DMSO observou a necessidade de aprimorar os processos de verificação, validação e creditamento (*Verification, Validation and Accreditation – VV&A*), de forma a identificar indústrias, serviços e instituições de pesquisa com agendas similares a fim de solucionar problemas conjuntamente e padronizar os modelos utilizados para o empreendimento de simulações em diferentes organizações militares (Smillie 1993, 958).

A consolidação do DMSO, renomeado em 2007 para *Modeling and Simulation Coordination Office – M&SCO*, é fruto do sucesso da SIMNET, que incentivou tanto o desenvolvimento quanto a adesão de tecnologias de simulação digital (Hill and Miller 2017, 357). Conforme explicitado por Hill e Miller (2017, 360–61), a história dos sistemas de simulação digitais nos Estados Unidos é incompleta, não sendo uma exclusividade do DoD, mas também do Departamento de Energia e do Departamento de Segurança Interna. Os autores apontam que existem mais de 3300 modelos de simulação registrados no país, que estão em constante evolução de forma a considerar o surgimento e adesão a novos sistemas e tecnologias. O fato é que a utilização de simulações sempre foi crucial para o planejamento militar e a utilização de sistemas digitais é fulcral na infraestrutura de treinamento, planejamento e análise; utilizada em estudos de engenharia, sistemas de armas, estruturação da força e planejamento operacional e tal papel tende a ser intensificado a partir da implementação de sistemas autônomos.

A nível de avaliação, a Universidade Central da Florida conta com um Instituto para Simulação e Treinamento – IST, afiliado ao Centro de Tecnologia de Informação e Análise em Simulação Tática de Guerra (*Tactical Warfare Simulation and Technology Information Analysis Center – TWISTIAC*), que, por sua vez, fornece acesso aos bancos de dados que contém documentos, imagens e outros materiais relativos às tecnologias e pesquisas conduzidas e relacionadas aos processos de Modelagem & Simulação (Smillie 1993, p. 960). Dentre iniciativas integradas de pesquisa, destaca-se o ICT – *Institute for Creative Technologies*, um empreendimento conjunto, financiado pelo Exército Americano, que, juntamente à Universidade do Sul da Califórnia (*University of Southern California*), busca construir parcerias entre a indústria do entretenimento, o Exército e a academia. O objetivo é criar experiências sintéticas profundas a ponto de que os participantes reajam de forma real (Mead 2013, 6).

Há, portanto, um longo histórico de envolvimento do Departamento de Defesa estadunidense na elaboração de tecnologias de modelagem e simulação com finalidade de treinamento e análise, desenvolvimento de gráficos e redes de computadores. O compartilhamento de resultados e agendas de pesquisa com a indústria do entretenimento é tido como capaz de aprimorar as bases tecnológicas, a segurança e performance econômica dos EUA: apesar das diferentes culturas organizacionais, os esforços nos ramos civis e militar são identificados de forma complementar, não contraditória (CSTB 1997, p. 13). Especificamente ao setor de simulações digitais de combate, companhias como a tcheca *Bohemia Interactive*, desenvolvedora do *sandbox Virtual Battle Space* (BISIM 2020) e o recente

envolvimento da *Microsoft* nos programas de realidade virtual e aumentada do Exército Americano (Novet 2021) são exemplos de incorporação de sistemas originários do P&D militar, maturados no mercado civil e posteriormente reincorporados, sob a forma de novos produtos e serviços, à doutrina militar.

CONCLUSÕES

A partir das observações realizadas, pode se afirmar que os sistemas de simulação digital constituem soluções para a manutenção da capacidade combatente das forças armadas, bem como desempenham importante papel no desenvolvimento das indústrias de tecnologia. No caso estadunidense, esta trajetória histórica se observou através da adoção de sistemas de simulação digitais no processo de transformação militar e pela consolidação de organizações voltadas à gestão destes. Entretanto, a existência da dualidade civil-militar está condicionada ao interesse estatal, cabendo a este identificar se é mais vantajoso importar tecnologia e adequá-la dentro das organizações militares ou desenvolver políticas que incentivem o desenvolvimento interno, garantindo a aquisição dos sistemas nacionais enquanto meio para demonstração da efetividade destes.

Apesar das diferenciações funcionais e institucionais existentes entre os produtos e as firmas produtoras de tecnologias, a criação de um departamento, à exemplo do M&SCO, demonstra como a implementação de um aparato de certificação para os produtos existentes no mercado facilita a integração destes à rotina das forças armadas. Ademais, a certificação contínua colabora para mitigar eventuais possibilidades de *lock-in* (Singer 2009), de forma a garantir a evolução tecnológica sustentável mediante inovações incrementais e da adoção pragmática de inovações disruptivas. Entende-se que o compartilhamento de um determinado leque de objetivos entre os setores civil e militar permitiu a maturação tecnológica do setor, utilizando-se do aparato de instituições de pesquisa e posteriormente delimitando uma lógica de aquisição capaz de responder às pressões de mercado. A Figura 2 representa a convergência entre setores civis e militares na produção de sistemas de simulação de combate e videogames comerciais.

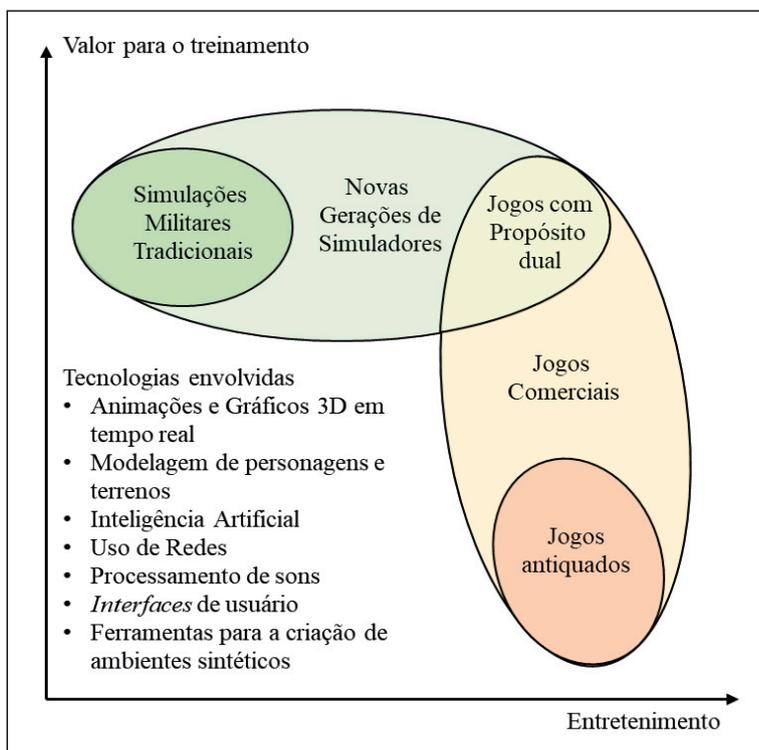


Figura 2 — Convergência entre jogos e sistemas de simulação baseados em tecnologias de uso dual.

Fonte: Elaboração própria, com base em Fong (2006).

Em relação à maturação das tecnologias de simulação digital de combate, podem-se elencar três padrões de atuação estatal. Na primeira fase, delimitada do pós-Segunda Guerra Mundial até o início da década de 1980, o Estado pode ser caracterizado como interessado, observando diversos caminhos de aplicação para as tecnologias nascentes e identificando possibilidades de emprego destas de forma ampla. Na segunda fase, marcada aqui pelo início do projeto SIMNET, e que durou até 1994, com o *Federal Acquisition Streamlining Act — FASA*, o Estado age como indutor do processo de desenvolvimento tecnológico, com definições claras quanto aos objetivos táticos e estratégicos. Na terceira fase, pós FASA e que perdura até hoje, o Estado atua como organizador, a partir da institucionalidade construída, de forma a certificar as tecnologias existentes e clarificar às Indústrias de Defesa as demandas estatais quanto às capacidades desejadas.

A rearticulação da capacidade estatal apresenta-se, portanto, como condição necessária à continuidade do desenvolvimento nacional frente às pressões sistêmicas do mercado. Uma estratégia adequada compreende a acomodação das pressões de forma a corresponder tanto aos interesses securitários nacionais e às políticas públicas existentes quanto à acumulação capitalista necessária para a inovação tecnológica. Importa aprofundar tal compreensão em novos estudos, os quais elaborem, com maior profundidade, o papel das instituições de pesquisa e as interações destas com a indústria. Para os casos de países emergentes, o trabalho suscita novos questionamentos quanto às oportunidades existentes para inserção nos mercados e incremento da autonomia estratégica nacional. Trata-se de conhecimento relevante para identificar modelos de integração capazes de promover o conhecimento quanto às capacidades e objetivos dos setores público e privado, bem como trabalhar pela diminuição de entraves burocráticos à circulação de tecnologia em amparo à soberania nacional.

REFERÊNCIAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2010. *Estudos Setoriais de Inovação: Base Industrial de Defesa*. Brasília, DF: ABDI.

Arrighi, Giovanni. 1996. *O Longo Século XX*. São Paulo, SP: Editora UNESP.

Bennett, Andrew. 2004. "Case Study Methods: Design, Use, and Comparative Advantages." In *Cases, Numbers, Models: International Relations Research Methods*, edited by Detlef Sprinz and Yael Wolinsky-Nahmias, 27–64. Michigan: The University of Michigan Press.

Béraud-Sudreau, Lucie, Alexandra Marksteiner, Diego Lopes da Silva, Nan Tian, Alexandra Kuimova, Pieter D. Wezeman, and Siemon T. Wezeman. 2020. "Mapping the International Presence of the World's Largest Arms Companies." *SIPRI Insights on Peace and Security*. Stockholm.

Best, Michael. 1990. *The New Competition. Institutions of Industrial Restructuring*. New York, NY; Cambridge: Polity Press.

BISIM, Bohemia Interactive Simulations. 2020. *VBS® 4 — Easier. Faster. Global*. 2020. www.vbs4.com.

Bitzinger, Richard A. 1994. "The Globalization of the Arms Industry: The Next Proliferation Challenge." *International Security* 19, no. 2: 170–98.

Crogan, Patrick. 2011. *Gameplay Mode: War, Simulation and Technoculture*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

CSTB, Computer Science and Telecommunications Board. 1997. *Modeling and Simulation: Linking Entertainment and Defense*. Washington, DC: National Academy Press.

Dall'Agnol, Augusto César, Gustavo Manduré, Júlia de Mello Feliciano, Lucas Otesbelgue Henes, Rafael Severo da Trindade, and Igor Castellano da Silva. 2016. "O desenvolvimento do Polo de Defesa de Santa Maria e as simulações militares: a inserção do Brasil na era digital." *XIII Congresso Acadêmico de Defesa Nacional 33*. Rio de Janeiro, RJ: Escola Naval.

Davis, Paul K. 1995. "Distributed Interactive Simulation in the Evolution of DoD Warfare Modeling and Simulation." *Proceedings of the IEEE* 83:1138–55. Santa Monica, CA: IEEE.

_____. 2002. *Analytic Architecture for Capabilities-Based Planning, Mission-System Analysis, and Transformation*. Santa Monica, CA.

Deger, Saadet, and Somnath Sen. 1995. "Military Expenditure and Developing Countries." *Handbook of Defense Economics*: 276–305. Amsterdam, NL: Elsevier B.V.

Derian, James Der. 2001. *Virtuous War: Mapping The Military- Industrial-Media-Entertainment Network*. 2nd ed. New York, NY: Routledge.

DeVore, Marc R. 2012. "Organizing International Armaments Cooperation: Institutional Design and Path Dependencies in Europe." *European Security* 21, no. 3: 432–58.

Duarte, Érico Esteves. 2012. *Tecnologia militar e desenvolvimento econômico: uma análise histórica*. 1748. Texto Para Discussão. Brasília, DF: IPEA.

Dunne, J. Paul. 1995. "The Defense Industrial Base." In *Handbook of Defense Economics*, edited by K. Hartley and T. Sandler, 399–430. Amsterdam, NL: North Holland.

Earle, Edward Mead. 1986. "Adam Smith, Alexander Hamilton, Friedrich List: The Economic Foundations of Military Power." In *Makers of Modern Strategy: From Machiavelli to the Nuclear Age*, edited by Peter Paret, 217–61. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Evans, Peter. 1995. *Embedded Autonomy — States & Industrial Transformation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Evans, Peter. 1997. "The Eclipse of the State? Reflections on Stateness in an Era of Globalization." *World Politics* 50, no. 1: 62–87.
- Farrell, Theo, Sten Rynning, and Terry Terriff. 2013. *Transforming Military Power since the Cold War: Britain, France, and the United States, 1991–2012*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fong, Gwenda. 2006. "Adapting COTS Games for Military Experimentation." *Simulation and Gaming* 37, no. 4: 452–65.
- Giddens, Anthony. 2001. *O Estado-Nação e a Violência*. São Paulo: EDUSP.
- Gilbert, Amber. 2016. "Augmented Reality for the US Air Force." *Virtual, Augmented and Mixed Reality 8th International Conference* 375–85. Toronto.
- Hanson, Jonathan, and Rachel Sigman. 2013. "Leviathan's Latent Dimensions: Measuring State Capacity for Comparative Political Research." *Presented at the World Bank Political Economy Brown Bag Lunch Series* 21 (March): 1–41.
- Henrotin, Joseph. 2016. *The Art of War in the Network Age*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Hill, Raymond R., and J. O. Miller. 2017. "A History of United States Military Simulation." In *Winter Simulation Conference*, edited by G. Wainer W. K. V. Chan, A. D'Ambrogio, G. Zacharewicz, N. Mustafee and E. Page, 346–64. Las Vegas, NV.
- IISS, International Institute for Strategic Studies. 2021. *The Military Balance 2021*. London: Routledge.
- Kline, Stephen, Nick Dyer-Witheford, and De Peuter Greig. 2003. *Digital Play The Interaction of Technology, Culture, and Marketing*. Québec: McGill-Queen's University Press.
- Lenoir, Tim, and Henry Lowood. 2005. "Theaters of War: The Military-Entertainment Complex." In *Collection — Laboratory — Theater: Scenes of Knowledge in the 17th Century*, edited by Helmar Schramm, Ludger Schwarte, and Jan Lazardzig, 427–56. Berlin: Walter de Gruyter.
- Lenoir, Timothy. 2000. "All But War Is Simulation: The Military-Entertainment Complex." *Configurations* 8, no. 3: 289–335.
- Mallik, Amitav. 2004. *Technology and 21st Century: A Demand-Side Perspective*. New York, NY: Oxford University Press.

Mankins, John C. 2009. "Technology Readiness Assessments: A Retrospective." *Acta Astronautica* 65, no. 9–10: 1.216–23.

Martins, José Miguel Quedi. 2008. "Digitalização e Guerra Local Como Fatores Do Equilíbrio Internacional." Porto Alegre, RS: Tese (Doutorado em Ciência Política) — Programa de Pós-Graduação em Ciência Política/PPGCP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul — UFRGS.

Mazzucato, Mariana. 2014. *O Estado Empreendedor*, edited by Elvira Serapicos. Portfolio Penguin.

McNeill, William H. 1982. *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force, and Society since A.D. 1000*. Chicago: The University of Chicago Press.

Mead, Corey. 2013. *War Play: Video Games and the Future of Armed Conflict*. Boston; New York: Houghton Mifflin Harcourt.

Miller, Duncan C., and Jack A. Thorpe. 1995. "SIMNET: The Advent of Simulator Networking." *Proceedings of the IEEE* 83, no. 8: 1.114–23.

National Academies Press, NAP. 1999. *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*. Washington, DC: National Academy Press.

Noseworthy, J. Russell. 2008. "The Test and Training Enabling Architecture (TENA)- Supporting the Decentralized Development of Distributed Applications and LVC Simulations." *12th 2008 IEEE/ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, DS-RT 2008*, 259–68. Alexandria, VA.

Novet, Jordan. 2021. "Microsoft Wins Contract to Make Modified HoloLens for U.S. Army." *CNBC* (March). <https://www.cnbc.com/2021/03/31/microsoft-wins-contract-to-make-modified-hololens-for-us-army.html>.

Pavelec, Sterling Michael. 2010. *The Military-Industrial Complex and American Society*, edited by Sterling Michael Pavelec. Santa Barbara: ABC-CLIO.

Perez, Carlota. 1983. "Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems." *Futures* 15, no. 5: 357–75.

Przeworski, Adam. 1995. *Estado e Economia No Capitalismo*, edited by Argelina C. Figueiredo and Pedro P. Z. Bastos. Rio de Janeiro, RJ: Relume Dumará; UFRJ/ Instituto de Economia.

Reppy, Judith, Eugene Cobble, Dov Dvir, Kenneth Flamm, Corinna-Barbara Francis, John Lovering, Andrew D. James, et al. 2000. "The Place of the Defense

Industry in National Systems of Innovation.” *Cornell University Peace Studies Programme*, Occasional (April): 233.

Rubinstein, Reuven Y., and Dirk P. Kroese. 2008. *Simulation and the Monte Carlo Method*. 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Ruttan, Vernon W. 2006. *Is War Necessary for Economic Growth? Military Procurement and Technology Development*. New York: Oxford University Press.

Ryan, Peter, and Lucien Zalcman. 2003. “The DIS vs HLA Debate: What’s in It for Australia? What Is Distributed Simulation? Interactive.” *Proceedings of SimTect 2003* (February).

Singer, P.W. 2009. *Wired for War — Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*. New York, NY: Penguin Press.

Smillie, Robert J. 1993. “Defense Modeling and Simulation Office: Defining the Infrastructure.” In *Winter Simulation Conference*, edited by W. E. Biles, G. W. Evans, M. Mollaghasemi, and E. C. Russell, 957–61. Los Angeles, CA.

Smith, Roger. 2014. “Military Simulations Using Virtual Worlds.” *The Oxford Handbook of Virtuality*: 666–79. Oxford: Oxford University Press.

Steel, M. J. 2000. “The Use of DIS and HLA for Real-Time, Virtual Simulation — A Discussion.” *The Second NATO Modelling and Simulation Conference*. UK: Shrivenham

Thelen, Katherine. 2003. “How Institutions Evolve.” In *Comparative Historical Analysis in the Social Sciences*, edited by James Mahoney and Dietrich Rueschemeyer, 208–40. New York, NY: Cambridge University Press.

Weiss, Linda. 1997. “Globalisation and the Myth of the Powerless State.” *New Left Review*: 3–27.

Weiss, Linda, and Elizabeth Thurbon. 2020. “Developmental State or Economic Statecraft? Where, Why and How the Difference Matters.” *New Political Economy*. <https://doi.org/10.1080/13563467.2020.1766431>

NOTAS

1. Movimento existente quando um setor industrial militar é capaz de estabelecer fluxos de conhecimento com indústrias de finalidade civil, compartilhando estruturas de pesquisa, *feedback* tecnológico e trabalhando para a produção de bens com finalidade dual, promovendo uma externalidade positiva (Deger and Sen 1995, 280).
2. Transferência de tecnologia do setor civil para o setor militar, sob a forma de produtos ou de prestação de serviços (Leske 2018, 386).
3. Para uma discussão mais aprofundadas sobre *Capabilities Based Planning*, recomenda-se a leitura de Davis (2002).
4. *hink Tank* independente, sem fins lucrativos fundada em conjunto pelo *US Army Air Forces* (AAF) e pela *Douglas Aircraft Company* em 1945 para garantir a continuação dos avanços tecnológicos começados durante a Segunda Guerra Mundial (Pavelec 2010, 249).
5. Protocolo sucessor do DIS, marcado pela interação entre federações (unidades na rede) e pela existência de uma arquitetura de alto nível, responsável por distribuir as informações necessárias à cada federação. Para discussões mais aprofundadas quanto aos protocolos para integração de simuladores, recomenda-se a leitura de Noseworthy (2008), Steel (2000) e Ryan & Zalcman (2003).

ESTADO, INOVAÇÃO E INDÚSTRIA DE DEFESA: A SIMULAÇÃO DIGITAL DE COMBATE NOS EUA

RESUMO:

O artigo aborda as transformações no processo de desenvolvimento e aquisição de produtos de defesa, bem como a reorganização institucional dos Estados, de forma a lidar a inovação tecnológica e o fortalecimento do setor privado. O trabalho contribui com o debate sobre capacidades estatais ao discorrer sobre a necessidade de adaptação dos papéis cumpridos pelo Estado frente a constrangimentos sistêmicos. A hipótese de trabalho é que, na incorporação de novas tecnologias ao setor de defesa, não importa tanto o tipo ou a variação nas capacidades estatais, mas sim a sua adaptabilidade às pressões sistêmicas de mercado. Especificamente, no caso estadunidense identificam-se mudanças de papéis desempenhados pelo Estado desde 1945 (interessado, indutor e organizador, respectivamente) que garantiram a sua capacidade de estimular o desenvolvimento tecnológico em prol da soberania. Por meio de estudo de caso, amparado por *process-tracing*, avalia-se a evolução dos sistemas de simulação digitais de combate. O setor exemplifica o desenvolvimento de novas tecnologias aplicáveis à defesa nacional, ampliação do número de firmas no mercado, mudanças na lógica de aquisição de produtos de defesa e alterações na estrutura organizacional e nos papéis cumpridos pelo Estado.

Palavras-Chave: Estado; Inovação Tecnológica; Indústria de Defesa; Simulações de Combate.

ABSTRACT:

The article addresses the transformations in the process of development and acquisition of defense products, as well as the institutional reorganization of States, in order to deal with technological innovation and the strengthening of the private sector. The work contributes to the debate on state capacities by discussing the need to adapt the roles fulfilled by the State in the face of systemic constraints. The working hypothesis is that, in the incorporation of new technologies to the defense sector, it is does not matter either the type or variation of the state capacity, but its adaptability to the systemic pressures of the market. Specifically, in the case of the United States, changes in the roles played by the State since 1945 (interested, inductor and organizer, respectively) have been identified, guaranteeing its capacity to stimulate technological development in favor of sovereignty. The hypothesis is tested through a case study supported by process-tracing, emphasizing digital combat simulation systems. The sector exemplifies the development of new technologies applicable to national defense, expansion of the number of firms in the market, changes in the logic of acquisition of defense products and changes in the organizational structure and in the roles fulfilled by the State.

Keywords: State, Technological Innovation, Defense Industry, Combat Simulations

Recebido em 28/04/2020. Aceito para publicação em 20/04/2021.