

MEDEIROS, Carlos Aguiar de. “O Desenvolvimento Tecnológico Americano no Pós-Guerra como um Empreendimento Militar”. In: José Luís Fiori. (Org.). *O Poder Americano*. Petrópolis, Vozes, 2004, p. 225-252.

O desenvolvimento tecnológico americano no pós-guerra como um empreendimento militar*

Carlos Aguiar de Medeiros

Introdução

Invenção e Tecnologia.

A Montagem do “Complexo Militar-Industrial-Acadêmico”.

A Difusão de Tecnologia no Sistema Americano de Inovação.

MANTECH, DARPA, Mudança da Política Militar na Tecnologia Americana.

Depois da União Soviética: Guerra Assimétrica, Corrida Armamentista e Tecnologia.

Referências Bibliográficas

Introdução

A concepção básica de política industrial e tecnológica foi desenvolvida a partir de estudos históricos sobre estratégias nacionais em economias de industrialização retardatária voltadas à redução dos desníveis tecnológicos. Muito embora na abordagem predominante neoshumpeteriana sobre política industrial, a introdução de novas tecnologias seja considerada como um processo em que as instituições públicas possuem importante função na produção de novos conhecimentos, os incentivos para a inovação e a difusão de tecnologias são, em geral, considerados como processos governados pelas forças de mercado. Para um país como os EUA, desde o pós-guerra esta concepção analítica parece ser bastante inadequada.

Seguindo a tradição dos historiadores americanos da tecnologia, este capítulo argumenta que as inovações básicas que conformaram a tecnologia moderna americana depois da II Guerra Mundial (e rapidamente difundiu-se pelo mundo como o avião a jato, o transistor, as fibras óticas, a energia nuclear, o computador, a internet) foram concebidas, desenvolvidas e dirigidas como um empreendimento militar (Roe Smith, 1985). O “complexo-militar-industrial-acadêmico” criou, nos EUA, um abrangente processo de inovação liderado pelos descobrimentos científicos, voltado simultaneamente, para vencer a Guerra Fria com a União Soviética e impulsionar a fronteira da ciência de forma a consolidar a liderança tecnológica americana no mundo. A doutrina de que a superioridade tecnológica nas armas é fator decisivo na vitória militar, afirmou-se como visão dominante dos militares americanos desde o pós-guerra e manteve-se inalterada mesmo quando esta visão revelou-se totalmente inadequada às guerras locais, como eloquentemente demonstrada no Vietnã.

O “complexo militar-industrial-acadêmico” gerou, em diferentes momentos, um estímulo tanto de demanda quanto de oferta ao processo de inovações e criou uma rede descentralizada e coordenada de instituições e comunidades tecnológicas sem rival no mundo contemporâneo. Dada esta característica específica, a influência dos militares na tecnologia não foi circunscrita à provisão de recursos ao processo de P&D e às compras de governo aos fabricantes de armas, mas incluiu a montagem de instituições voltadas

* Uma versão deste texto foi publicada em *Contributions to Political Economy* (2003). Agradeço a Franklin Serrano, as inúmeras discussões que tivemos.

ao deslocamento da fronteira científica e à aceleração do progresso tecnológico. Mais do que as armas criadas por este esforço, este objetivo político tornou-se um traço marcante da ciência e tecnologia americana.

A influência militar sobre a mudança tecnológica nos EUA conformou, nos “anos dourados” do pós-guerra, uma especialização produtiva em setores baseados na ciência, muito distinta das prioridades desenvolvidas no Japão e outros sistemas nacionais de inovação centrados na difusão a baixo custo de inovações da fronteira tecnológica. Durante os anos 70, este aspecto estrutural, ao lado de significativa redução nos gastos de defesa, deu início a uma mudança na política industrial e tecnológica dos militares americanos. Com o grande esforço de guerra do período Reagan, o “complexo militar-industrial-acadêmico” ganhou a Guerra Fria. Depois do colapso da União Soviética, a contração do Orçamento de Defesa foi acompanhada por novas iniciativas e novas formulações sobre guerras futuras. O ataque terrorista de 11 de setembro e o extraordinário aumento dos gastos militares que lhe sucedeu conferiu significativo momento às novas questões militares que parecem estar empurrando, hoje, como ocorreu o passado, a ciência americana para uma nova onda de inovações.

Além desta introdução, este capítulo contém cinco seções. A primeira descreve brevemente algumas formulações usuais sobre o processo de inovação e de invenção, situando a abordagem a ser seguida neste trabalho. A segunda descreve a montagem do sistema americano de inovações. A terceira e a quarta seção exploram algumas de suas características, bem como as mudanças dos anos 70; e a última considera algumas tendências recentes deste sistema a partir da extinção da União Soviética e como as novas concepções de guerra estão estimulando a criação de novas tecnologias.

Invenção e Tecnologia.

Nosso conhecimento histórico sobre as interações entre o empreendimento militar, a moderna administração e o sistema empresarial americano permanece espantosamente vago e incompleto. A despeito dos militares constituírem uma das mais antigas burocracias do mundo, os historiadores econômicos e das empresas são geralmente relutantes em conferir, a estes, maior crédito na inovação administrativa. Ao contrário, eles atribuem a ascensão da administração moderna ao jogo de forças do mercado. Um amplo conjunto de literatura existe sobre crescimento econômico e desenvolvimento industrial nos EUA, mas eles revelam pouco sobre a participação militar. Por que? Uma razão é a persistência de uma tradição muito profunda que enaltece a livre empresa e condena a interferência do governo na economia.

Merrit Roe Smith, 1985, cit. in Cypher, 1987.

O que distingue a abordagem neoshumpeteriana sobre o desenvolvimento econômico não é propriamente o reconhecimento de que a inovação e o progresso técnico constituem o seu fator essencial. Adam Smith e Karl Marx defenderam e exploraram esta tese sob diversos aspectos. O principal traço desenvolvido pela escola neoshumpeteriana¹ é a forma específica em que o progresso técnico é concebido como uma força endógena do crescimento estimulado pela concorrência capitalista. A maior crítica desta escola à economia neoclássica diz respeito à natureza exógena do progresso técnico tal como este é concebido na teoria convencional do crescimento e na forma como as teorias neoclássicas mais recentes buscam endogenizá-lo. Contudo, o que é

¹ Ver Freeman, 1994.

endógeno, e como o progresso técnico é concebido, não é sempre uma questão muito clara.

Um influente estudo histórico defendendo uma abordagem endógena sobre a mudança tecnológica foi desenvolvido por Schmookler (1966). Em seu livro, argumenta que não apenas na difusão das invenções existentes, mas a própria atividade de invenção poderia ser explicada por forças econômicas. Ele mostrou, através de dados sobre patentes nos EUA, que as atividades inventivas seguiam com algum atraso os investimentos e concluía que elas poderiam ser razoavelmente explicadas como decorrentes das forças de demanda. Como Rosemberg resumiu, a composição da demanda,

(...) através de sua influência no tamanho do mercado para tipos específicos de invenções é um fator determinante para a alocação do esforço inventivo. (...) é a mudança na demanda dos consumidores ao longo do tempo o fator primário na determinação das mudanças na direção do esforço inventivo. (Rosemberg, 1974: 93).

Schmookler não desprezou a importância da ciência e tecnologia, muito pelo contrário, ele considerava que a existência de uma ampla base de conhecimento poderia expandir a fronteira tecnológica em múltiplos campos. Neste contexto, a ciência e a tecnologia não assumiam uma força independente influenciando a atividade de invenção. De forma simplificada, a abordagem de Schmookler sobre a inovação poderia ser assim resumida:

(...) um milhão de dólares gastos num tipo de bem é capaz de induzir tanta invenção quanto a mesma soma gasta em qualquer outro bem. (Schmookler, 1966: 96).

A principal crítica a esta abordagem do progresso técnico endógeno (endógeno no sentido de que é o nível de renda e a sua composição que, através do investimento, condiciona o progresso técnico) baseia-se na consideração de que o estoque de conhecimento útil não pode ser assumido como um idêntico insumo a ser usado em qualquer espécie de produto ou setor produtivo. Existe uma lógica interna à ciência e ao progresso técnico que é independente da necessidade econômica, gerando consequências sobre as oportunidades do processo inventivo. Contudo, uma abordagem do progresso técnico em que as invenções são “empurradas pela ciência” não constitui uma alternativa à abordagem centrada na demanda². Estas abordagens captam dimensões distintas do progresso técnico. Invenções que podem ser bem sucedidas, isto é, as inovações parecem ser governadas pelas duas forças. No longo prazo, o conjunto de engenheiros e cientistas respondem aos investimentos e à demanda por seus serviços, mas na medida em que nos aproximamos da fronteira do conhecimento, a formulação de novas questões, e as suas respostas, abrem novos paradigmas tecnológicos (entendidos como padrões de solução a problemas selecionados) que não podem ser liderados pelas forças do mercado, na medida em que não existe demanda para eles.

Devido a seus custos relativos ou dificuldades práticas, invenções e inovações básicas não podem ser consistentemente explicadas por forças econômicas. Sua dependência às descobertas científicas confere ao progresso técnico um caráter exógeno. Naturalmente que, quanto mais distante estivermos das inovações básicas ou dos estágios iniciais da inovação, a abordagem centrada na demanda, tal como é considerada por Schmookler, possui maior poder explicativo (Freeman, 1994). O que parece ser endógeno ao crescimento econômico é a difusão das inovações onde o

² (...) allocation of inventive resources has in the past been determined jointly by demand forces, which have broadly shaped the shifting payoffs to successful invention, together with supply side forces which have determined both the probability of success within any particular time frame as well as the prospective cost of producing a successful invention. (Rosemberg, 1974: 103)

aprimoramento das inovações numa dada trajetória tecnológica (progresso técnico num dado paradigma) é realizado.

Na maioria dos estudos analíticos neoshumpeterianos sobre o crescimento econômico, a difusão das inovações através de subsequentes melhorias em invenções é considerada o fato mais importante do desenvolvimento econômico. O progresso técnico é concebido como uma força endógena de uma forma bastante distinta da considerada por Schmookler. A ênfase não é posta nas forças da demanda em que as inovações seguem a estrutura dos investimentos, mas nas forças do lado da oferta em que as inovações dependem principalmente do comportamento das empresas. Nesta concepção, a concorrência através de seus estímulos aos esforços inovativos cria mecanismos assimétricos alterando a participação de cada firma no mercado, em uma dinâmica onde a inovação tecnológica surge como o motor do desenvolvimento. A ênfase recai sobre o comportamento das empresas em seu esforço contínuo de adaptação de novos produtos e processos. Nesta abordagem, a distinção qualitativa entre inovações básicas e inovações incrementais numa dada trajetória, de certa forma, é atenuada.

O que se tornou conhecido como sistema nacional de inovação (Nelson, 1993) inclui muitos outros atores institucionais além do empresário e do banqueiro (os atores principais considerados por Schumpeter) na configuração de sistemas de inovação que se desenvolveram entre os países industrializados no pós-guerra. Dosi, Pavitt & Soete (1990) observaram a fraqueza das forças de mercado na seleção de “descontinuidades tecnológicas radicais” e reconheceram a importância de forças extramercado na provisão das condições para novos desenvolvimentos científicos e na seleção ex-ante das inovações com potenciais mais amplos. A influência de instituições não reguladas pelo mercado aproximando a ciência dos desdobramentos tecnológicos e provendo incentivos aos inovadores potenciais é, deste modo, um fato amplamente aceito. Mas a despeito de sua importância, a instituição que assume a função central nos estudos nacionais sobre progresso técnico é o laboratório de P&D das empresas³.

Embora, nos estudos históricos sobre tecnologia, a influência dos militares na configuração do sistema nacional de inovação dos EUA seja amplamente reconhecida, a visão mais aceita é a de que o “Capitalismo do Pentágono” teria apresentado elevado custo de oportunidade nas décadas que se seguiram ao final da guerra. Ao deslocar a pesquisa civil, considerada mais útil e produtiva, a pesquisa militar é concebida, não raro, como um desperdício com efeitos negativos em longo prazo sobre o progresso tecnológico. Mesmo nos estudos históricos que reconhecem uma influência positiva da tecnologia militar na liderança tecnológica americana (Mowery & Rosemberg, 1993) a ideia comum é que, dos anos 70 aos dias de hoje, este sistema de inovações estaria exibindo retornos decrescentes. Com uma maior parcela dos investimentos em P&D (ver seções seguintes) os laboratórios industriais estariam liderando o processo de inovação numa direção determinada pelas forças de mercado. Com a revolução nas tecnologias da informação, a difusão tecnológica estaria se dando crescentemente dos esforços civis de P&D para esforços tecnológicos militares e não mais na direção inversa como teria sido no passado. Esta inversão no fluxo tecnológico foi considerada um importante fator nas hipóteses construídas sobre o (suposto) declínio da liderança tecnológica americana.

Nas seções seguintes buscar-se-á argumentar que nos EUA a influência de um ator exógeno, o Departamento de Defesa (DOD), não se limitou a prover amplo financiamento e encomendas aos produtores de armas, mas influenciou o processo de seleção, difusão e indução das modernas tecnologias no pós-guerra. A velocidade do

³ Rosemberg & Nelson (1993) sustentaram, em um amplo estudo comparativo sobre diferentes países, o papel do laboratório de P&D das empresas como o lócus principal do processo de inovação.

progresso técnico foi, por seu turno, fortemente influenciada pela competição pelas armas. Nesta última direção, Pivetti (1992) fez duas observações que merecem atenção. Em primeiro lugar, na esfera militar, a velocidade em que os problemas são criados e resolvidos não possuem paralelo na esfera civil. O compromisso de manter uma superioridade estratégica sobre o adversário e as penalidades decorrentes de um atraso tecnológico impõe um ritmo único ao processo inovativo. A segunda observação diz respeito ao ciclo de inovações e de difusão tecnológica. A viabilidade tecnológica, e não os seus custos ou riscos, afirma-se como o único constrangimento para a adoção de um armamento superior. Consequentemente, o período de tempo entre as distintas fases do processo inovativo é encurtado favorecendo o processo de difusão. O corolário desta dinâmica é a desaceleração do progresso técnico, uma vez terminada a competição pelas armas.

(...) ocorrerá uma queda na velocidade em que os novos problemas técnicos e suas soluções são criados, assim, é razoável acreditar que a velocidade do progresso técnico será diminuída. (Pivetti, 1992: 380).

Tendo em vista estas considerações buscar-se-á argumentar, ao longo deste texto, que a disposição de ganhar a Guerra Fria contra a União Soviética através do desenvolvimento de armas tecnologicamente superiores foi o *primum mobile* para o progresso científico e para a maioria das invenções e inovações básicas que pavimentaram a trajetória tecnológica dos EUA no pós-guerra. Depois do colapso da União Soviética, importantes mudanças institucionais ocorreram, mas uma nova concepção de guerra vem gerando novos desafios, demandando esforços científicos e acelerando o progresso tecnológico.

A Montagem do “Complexo Militar-Industrial-Acadêmico”.

Para Holley (1983), apenas a partir da II Guerra Mundial tornou-se essencial, para a política militar americana, a tese de que a guerra é decidida pela arma tecnologicamente superior. Superioridade em armas, segundo este autor,

(...) baseia-se não apenas na seleção das melhores ideias da tecnologia moderna, mas também num sistema que relaciona as ideias selecionadas com a doutrina ou conceito de sua aplicação tática ou estratégica, isto é, com a concepção de missão a ser desempenhada pela arma. (Holley, 1983: 14).

Esta concepção sobre a arma superior combina tanto as características tecnológicas dos artefatos quanto a concepção estratégica de guerra, e confere prioridade central às inovações tecnológicas fundamentais e às ideias estratégicas sobre a utilização dos novos armamentos⁴.

O comprometimento militar americano com a pesquisa científica foi decorrência da II Guerra Mundial. Durante a I Guerra Mundial, a grande inovação foi o avião e devido ao relativo atraso desta indústria nos EUA e às características do seu sistema industrial, a ênfase recaiu na produção padronizada e não na busca de um avião de performance superior. O National Advisory Committee for Aeronautics (NACA, o precursor da NASA) organizado pela Força Aérea em 1915 criou um centro de pesquisa interno à aeronáutica, mas não alterou essencialmente as prioridades estratégicas.

⁴ Como sublinhado por Milward: *The production of modern armaments beyond a certain level of complexity is only possible in states, which possess the best equipped, largest, and most innovative engineering industries. Since it is also in such countries that most of the technological innovations in armaments design take place, the process is self-reinforcing one in which most powers can only struggle to maintain a level of armaments technology which does not fall far behind the best.* (Milward, 1977: 171)

Durante a II Guerra Mundial, os esforços de pesquisa e desenvolvimento não estiveram mais confinados aos laboratórios militares, como ocorreu na I Guerra Mundial. A criação do National Defense Research Council (NDRC), em 1941, estabeleceu uma nova estrutura para a ciência e engenharia criando uma ampla rede de pesquisas junto às universidades. Como resultado destes esforços, as inovações desenvolvidas nos laboratórios industriais criaram uma nova geração de armas e equipamentos. A concorrência pelas armas com a Alemanha acelerou enormemente esta mudança institucional⁵.

Com os mísseis alemães e com a bomba atômica, a penalidade decorrente de um atraso na corrida armamentista poderia ter consequências devastadoras. Para obter superioridade na busca de uma arma superior era necessário estender a fronteira tecnológica através do alargamento das comunidades científicas numa velocidade, dimensão e direção distintas da que decorreria da concorrência industrial. O projeto MANHATTAN foi o mais importante marco desta nova era.

O que foi denominado por Dwight Eisenhower como complexo industrial-militar foi, desde o seu começo, um “complexo militar-industrial-acadêmico”, como mais tarde foi reconhecido pelo Senador William Fulbright (Leslie, 1993). O National Research Council (NRC) criado em 1941, bem como seu sucessor, o Office Defense Research Council (ODRC), foram dirigidos por Vannevar Bush, decano de engenharia do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Este foi o arquiteto e criador do novo sistema de inovação dos EUA. Como foi recentemente recordado,

(...) o ODRC baseava-se na nova concepção de que exceto em casos muito especiais, a pesquisa para fins militares seria melhor desenvolvida se os cientistas e engenheiros permanecessem com seu status civil em instituições acadêmicas e industriais. Isto é, as organizações acadêmicas e industriais trabalhariam em parceria com o governo federal, mas não sob seu controle direto. Devido o acesso direto que Bush possuía com o presidente Roosevelt, ele pôde convencê-lo (...) da maior eficácia de um sistema descentralizado sobre o modelo prevalente na I Guerra Mundial para a mobilização dos recursos científicos aos objetivos de defesa nacional. (NSF, 2000: 10).

Nesta concepção, as universidades constituíam o centro vital da pesquisa científica. De fato, nos anos imediatos que se seguiram à guerra, o MIT obteve isoladamente 117 milhões de dólares em P&D, o Instituto de Tecnologia da Califórnia (CALTECH) obteve 83 milhões de dólares. Estes contratos podem ser contrastados com os 17 milhões de dólares recebidos pela AT&T ou com os 8 milhões de dólares recebidos pela GE (Leslie, 1983). Os bem sucedidos casos do Laboratório de Radiação do MIT e do ultra-secreto laboratório de Los Alamos, onde a primeira bomba nuclear foi obtida a partir de um contrato entre o exército e a Universidade da Califórnia, são importantes marcos desta nova estratégia. Depois da guerra, este sistema teve um desenvolvimento revolucionário. A rede era tão vasta que o diretor do laboratório de Oak Ridge National escreveu, em 1962, que:

Tornava-se crescentemente difícil dizer se o MIT era uma universidade com muitos laboratórios do governo ou um conjunto de laboratórios de governo em uma excelente instituição de ensino. (Leslie, 1993: 14).

⁵ No início da guerra, a estratégia militar da Alemanha estava baseada no lançamento de ataques concentrados, os Blitzkrieger, decorrente de duas considerações: guerras longas seriam autodestrutivas, o uso massivo de equipamentos seria mais adequado à Alemanha devido a sua maior dependência de matérias-primas (Milward, op. cit.). A guerra na Rússia derrotou esta estratégia que foi substituída, no final da guerra, por forte pesquisa sobre novas armas. O principal resultado deste esforço foram as armas secretas, os mísseis V1 e V2 que provocaram perplexidade nos militares americanos, como foi notado por Holley, 1983, op. cit.

Indústrias fornecedoras de armas como a Lockheed, General Electric, Boeing, General Dynamics, AT&T destacaram-se entre as maiores, do mesmo modo o MIT, a Universidade da Califórnia, Stanford, Harvard e Columbia foram os principais institutos que depois da guerra fizeram a tecnologia americana.

A vitória da estratégia da arma superior como um legado da II Guerra Mundial transformou-se, a partir da demonstração da capacitação militar da União Soviética, numa vigorosa política tecnológica e expansão de novos conhecimentos. Este objetivo foi claramente reconhecido pelo Defense Research Board, criado em 1947 por um renovado DOD e estabelecido de forma não ambígua pelo Defense Science Board em 1956, com o objetivo de,

(...) buscar periodicamente as necessidades e as oportunidades apresentadas pelas novas descobertas científicas para sistemas de armamentos radicalmente novos. (NSF, 2000: 6).

O Advanced Research Projects Agency (DARPA), subordinado ao DOD, teve especial liderança na criação de novas tecnologias. Para este esforço, o fator limitante não era a disponibilidade de recursos financeiros. Depois da guerra, os militares obtiveram amplo apoio financeiro e as políticas de compra do DOD criaram uma vigorosa demanda protegida para as principais indústrias fornecedoras de armamentos. O fator limitante era o estoque de conhecimento e a estrutura operacional do sistema de inovações. Deste modo, a tarefa não se circunscrevia à provisão de incentivos para P&D nas indústrias ou nas universidades, mas na montagem de um extenso e dinâmico sistema de inovação. O desafio era reduzir o período de tempo entre as invenções e inovações acelerando o progresso técnico e dirigindo-o para a produção de “armamentos radicalmente novos”. Este desafio foi assumido pelo DOD. Em termos de nossa discussão prévia, não apenas o lado da oferta (expansão do estoque do conhecimento), mas também o lado da demanda (as encomendas tecnológicas), foram guiados pelos esforços militares na busca das melhores armas e das melhores ideias sobre sua utilização. Como resultado, os militares funcionaram como a maior força autônoma na configuração e na direção do processo inventivo nos EUA.

Politicamente, a percepção de que os EUA estavam tecnologicamente atrasados na concorrência armamentista foi usada como argumento para fortalecer o orçamento militar e criar as coalizões políticas favorecedoras das inovações e da ruptura da inércia burocrática, aspectos decisivos para a construção de instituições adequadas ao esforço científico e tecnológico. Os mísseis alemães e a bomba atômica durante a II Guerra Mundial criaram o ODRC e viabilizaram a instauração do “complexo militar-industrial-acadêmico”; o sucesso do Sputnik em 1951 foi essencial para a expansão dos recursos fiscais e para a criação do Defense Science Board em 1956 e da NASA em 1958; a aceleração da concorrência armamentista de forma a conter e derrotar a União Soviética no governo Reagan gerou um crescimento extraordinário do orçamento militar. Estes ciclos podem ser observados nos dados abaixo:

Os dados mostram quatro momentos distintos: as duas décadas posteriores à guerra, a descontinuidade dos anos 70, os anos 80 e a última década do século XX. Vamos considerar, nesta seção, as duas primeiras décadas, os anos iniciais deste sistema de inovação.

Evolução do Orçamento de Defesa e da Pesquisa em Desenvolvimento Militar
(em milhões de dólares de 2002)

Anos	Total	Crescimento real (média de 5 anos)	P&D	Crescimento Real (média de 5 anos)
1955	295.676	-	17,076	-
1960	290.346	-0,32	29,221	3,4
1965	318.145	1,9	32,537	2,1
1970	371.530	3,3	31,175	-0,6
1975	285.385	-4,6	25,726	-3,8
1980	306.939	1,4	25,897	0
1985	436.206	8,5	45,840	16,0
1990	394.524	-2,1	45,066	0
1995	301.018	-4,7	38,462	-3,1
2000	303.879	0,1	40,181	1,0
2001	309.764	0,3	41,749	0,5
2002	329.151	1,3	47.429	2,9

DOD, EUA. Values Total Obligational Authority. Termo financeiro que expressa o valor do orçamento apropriado pelo programa de defesa no ano fiscal.

O sucesso da “estratégia do armamento superior” requer organizações capazes de administrar sistemas complexos, reunir informações e resolver conflitos operacionais e políticos. Trata-se de uma questão de poder, do poder das organizações sobre a complexidade e os desafios das tarefas novas. O “complexo militar-industrial-acadêmico”, liderado pelos militares nos EUA, foi uma realização não menos importante do que os seus resultados tecnológicos, tais como o avião a jato, a bomba atômica, o míssil, o transistor ou o computador. Ao lidar com inovações básicas na busca de novas máquinas, a seleção das melhores ideias depende de como as decisões são tomadas. Seguindo os passos de Hughes (1998), a montagem deste sistema de inovações se deu a partir de alguns projetos notáveis.

O projeto SAGE (Semiautomatic Ground Environment) foi um claro exemplo da importância das organizações no processo de inovação. Este projeto foi baseado numa concepção conservadora sobre a potencial ameaça ao espaço aéreo americano. De acordo com a visão dominante da Força Aérea americana sobre a importância do caça e do bombardeiro na vitória dos aliados na guerra, o objetivo do projeto, endossado pelo Conselho de Segurança Nacional em 1949, era preparar os EUA para um eventual ataque de bombardeios de longa distância. Quando o projeto ficou pronto, o míssil intercontinental, uma arma muito mais poderosa, constituía a verdadeira ameaça⁶. A vitória desta estratégia revela como um momento tecnológico conservador, ou a força da inércia, emerge não apenas das ideias, rotinas e organizações, mas também das “características específicas dos objetos físicos” (como sublinhado por Hughes).

Mas mesmo baseado numa concepção equivocada, o projeto SAGE possuiu efeitos duradouros na tecnologia americana. Ele criou uma rede extensa conectando laboratórios estatais, universidades (a parte principal deste projeto milionário, comparável ao projeto MANHATTAN foi desenvolvido pelo MIT com colaboradores como John von Neumann do Instituto de Altos Estudos de Princeton e muitas outras instituições como o CALTECH e a Universidade de Harvard) e laboratórios industriais (como o Bell, Polaroid etc) envolvidos num trabalho multidisciplinar e de longo fôlego.

⁶ Para uma análise detalhada, ver Hughes, 1998.

Uma consequência não intencional do projeto foi o desenvolvimento de muitas inovações em computadores, comunicações e administração. Por exemplo, a grande novidade dos anos 50 não foi a simples existência dos computadores, mas a forma em que estes foram usados. O projeto SAGE,

(...) mostrou ao mundo como um computador digital poderia funcionar como centro de processamento de informações em tempo real para sistemas complexos de comando e controle. O SAGE demonstrou que os computadores poderiam ser mais do que calculadores aritméticos e que eles poderiam funcionar como centros automáticos de controle para operações tanto industriais quanto militares. (Hughes, 1998: 16).

Esta foi uma ideia revolucionária sugerida por Norbert Wiener em 1948 e aplicada pelos engenheiros do MIT ao sistema de defesa aéreo. Para obter informações processadas em tempo real era necessária uma mudança do sistema analógico para o sistema digital (ocorrido após a solução de uma série de problemas com os computadores ENIAC construídos durante a guerra) e intensos esforços na introdução de novos componentes, incluindo os transistores (a memória era o problema mais crítico). Nos anos subsequentes, um comando computadorizado e sistemas de comunicações e controle (como os posteriormente desenvolvidos no sistema de controle aéreo para a OTAN) foram desenvolvidos segundo a direção aberta pelo projeto SAGE.

O projeto SAGE não possuía uma estrutura de decisão adequada à sua complexidade e diversidade. O seu maior organizador Jan Forrester do MIT observou que,

(...) as responsabilidades estavam espalhadas em todas as seções da Força Aérea sem coordenação geral exceto no nível maior. (...) Era uma situação similar a de construir um grande edifício com muitas empresas sub-contratadas sem uma empresa encarregada da operação global. (ibidem: 59).

Este projeto mostrou a dificuldade sistêmica da “grande ciência” em grandes empreendimentos onde “os problemas administrativos eram tão complexos quanto os problemas operacionais” (Hughes, op. cit.). Neste sentido, a experiência crucial veio muito cedo com o projeto ATLAS, o primeiro projeto bem sucedido de mísseis intercontinentais iniciado em 1954, envolvendo “17 empresas diretamente contratadas, 200 sub-contratadas e uma força de trabalho de 70.000 pessoas”. (Hughes, op. cit.).

O míssil intercontinental era uma realidade nova e uma arma tecnologicamente avançada, dependendo de intensa pesquisa científica tal como antevista pela Research and Development Corporation (RAND Corporation).

Eu vejo uma Força Aérea sem homens... (...) Por vinte anos a Força Aérea foi construída em torno de pilotos, pilotos e mais pilotos. (...) A próxima Força Aérea será construída em torno de cientistas e robôs. (Gal Henry Arnold cit. in Hughes, 1998: 72).

Bernard Schriever (engenheiro de Stanford e piloto da Força Aérea), diretor do projeto, considerava que “o aspecto técnico predominante do projeto era o sistema operacional e sua estreita relação da física com a engenharia”. (Hughes, op. cit.).

A RAND Corporation, criada em 1948, ganhou reputação em pesquisa operacional, análise de sistemas e engenharia de sistemas. Sua estrutura multidisciplinar e não burocrática, era um traço marcante desta instituição. As questões formuladas pela RAND eram mais holísticas do que as usuais. Por exemplo, como deveria ser a resposta a um ataque nuclear iniciado pela União Soviética? O uso de muitas variáveis, jogos e simulações (de novo Von Neumann) formavam o núcleo do sistema de análise desenvolvido pelos engenheiros da RAND. Esta abordagem foi posteriormente aplicada por Robert McNamara nos anos 60, revolucionando as políticas do DOD.

Do mesmo modo exerceu importante influência sobre o MIT e outras instituições de excelência. A engenharia de sistemas e de pesquisa operacional

desenvolvida em projetos como o SAGE e o ATLAS transformaram-se nos exemplos da “grande ciência”, um termo usado pela primeira vez por Alvin Weinberg do Oak Ridge National Laboratory para descrever a conexão estreita entre a física e a engenharia em grandes projetos militares. Uma conexão que dissolvia as fronteiras entre a ciência e a engenharia acelerando a sequência das fases do processo de inovação. A engenharia de sistemas foi uma inovação fundamentalmente militar.

No projeto ATLAS, a administração da complexidade não estava limitada à solução de desenhos complexos em hidrodinâmica e aerodinâmica, mas na delimitação de especificações contratuais, no monitoramento da performance dos equipamentos e nos testes de uma rede altamente descentralizada de fornecedores e universidades. Quem toma a decisão e em que nível? Como coordenar as inovações e resolver conflitos entre produtores e usuários? Diferentemente do que ocorreu no projeto SAGE, as soluções destes problemas foram dadas de forma menos burocrática pela Força Aérea. Mas como descobrir a melhor solução? A resposta apresentada pelos diretores do ATLAS foi uma “competição de fornecedores” requerendo instrumentos administrativos complexos.

A corrida armamentista estabeleceu o calendário e a trajetória das inovações tecnológicas nos EUA. A mudança de prioridades na pesquisa básica da física de micro-ondas para a física do estado sólido acelerou a revolução microeletrônica e foi motivada pelos projetos dos mísseis e pelo projeto APOLLO da NASA nos anos 60. Os laboratórios eletrônicos criados em Stanford e no MIT eram especialmente voltados aos objetivos militares⁷.

A influência desses laboratórios e, em particular a do Laboratório Eletrônico de Stanford (SEL) foi de grande importância para o Vale do Silício. No início foi a eletrônica da micro-onda, demandada pelo radar e pela comunicação eletrônica, a responsável pela transformação das instituições acadêmicas da Califórnia nos principais contratados do DOD e pela formação de um conjunto de indústrias em torno de Stanford. Contudo, em poucos anos, o programa de engenharia do estado sólido dominou os anos 60 refletindo a mudança das prioridades militares que, a este tempo, concentrava-se no desenvolvimento de uma microeletrônica compacta, confiável e necessária aos mísseis, sistemas de comunicação e às “armas inteligentes” (Leslie, 1993: 73). O orçamento do SEL era completamente dominado pelos contratos individuais com o Exército, Marinha, Força Aérea e com a NASA.

A percepção de que os EUA estavam atrás da União Soviética na indústria aeroespacial depois do lançamento do Sputnik criou a força política para o lançamento de um imenso esforço em ciência e engenharia liderado pela NASA, nas administrações Kennedy e Johnson, voltado para a conquista da lua. No projeto SAGE, os EUA subestimaram a capacitação tecnológica da União Soviética. Na corrida espacial, inversamente, a capacitação tecnológica da União Soviética foi amplamente exagerada. Nos dez anos seguintes, durante os quais o projeto APOLLO liderou o maior esforço tecnológico desde o projeto MANHATTAN, a corrida terminou com a vitória para os EUA; o seu sucessor, o ônibus espacial era um esforço muito menos ambicioso e foi concebido para sustentar a existência da NASA (Lambrigh, 2002). Mas do mesmo modo do ocorrido no projeto SAGE, diversas inovações tecnológicas em balística, resistência dos materiais, computadores, microeletrônica e fotografia, foram produtos desta corrida.

⁷ (...) the most basic theoretical research which made them possible, and from academic laboratories and classrooms trained future electronics engineers to the local defense contractors that hired most of them. (Leslie, 1993: 46).

O notável no projeto APOLLO, um projeto bilionário envolvendo 400.000 pessoas, foi a administração de um sistema de pesquisa altamente descentralizado. Um exemplo de engenharia onde a organização e a coordenação eram o grande desafio.

A pesquisa microeletrônica de estado sólido foi essencial para transistores e semicondutores. O projeto SAGE mostrou como computadores podiam constituir uma formidável ferramenta de processamento de informações para o comando e a centralização de decisões. A Advanced Research Projects Agency (ARPA) subordinada ao DOD criou, em 1969, o ARPANET, “uma rede nacional de computadores em tempo real” (Hughes, op. cit.), conectando principalmente as universidades.

Uma rede de computadores era uma nova ideia sobre como usar computadores. Uma ideia originada da concorrência armamentista e voltada para ampliar os mecanismos de controle de informações. De fato, a ideia original veio da RAND Corporation, visando a montagem de uma rede de comunicações que poderia sobreviver a um ataque nuclear e viabilizar um contra ataque de mísseis. Para este objetivo, o sistema deveria ser descentralizado e não hierárquico.

O projeto original do ARPANET era o de criar uma rede que poderia compartilhar o tempo e os altos custos da base de dados e dos programas sofisticados requeridos na solução de problemas complexos. Este sistema de compartilhamento de muitos terminais interligados a um computador central foi concebido para resolver problemas de processamento, tais como os envolvidos no armazenamento e na recuperação de informações. O verdadeiro desafio para a expansão do sistema foi a criação de um protocolo de reconhecimento dos usuários. Uma vez resolvido pelos engenheiros da Universidade da Califórnia, do MIT e por algumas companhias de alta tecnologia, o projeto tornou-se operacional e a ARPA transferiu a administração da rede para a Agência de Comunicações do DOD, que guiou o futuro desenvolvimento do ARPANET.

A ARPA e os engenheiros que dirigiram o seu Escritório de Técnicas de Informação e Processamento conceberam a arquitetura básica da Internet. O primeiro passo foi conectar o ARPANET com outras redes criadas pela ARPA. O aspecto mais complicado na conexão de redes com diferentes características, foi o desenvolvimento de um protocolo de reconhecimento. Existiam, até 1983, dois padrões conflitantes. Este conflito foi decidido pelo DOD quando este estabeleceu que todos os computadores, vinculados ao ARPANET, deveriam usar o protocolo TCP/IP gerando, a partir daí, um padrão para a Internet.

Os anos subsequentes foram tecnologicamente dominados pela difusão destas tecnologias para usos civis. Ao longo destes anos, muitas transformações na corrida armamentista, no apoio político para os gastos militares e na natureza do progresso técnico resultaram em mudanças significativas no sistema americano de inovações. Nestas mudanças o DARPA, sucessor da ARPA, manteve a liderança. Antes de investigar esta transformação é importante resumir alguns traços deste sistema de inovação e de seus mecanismos de difusão.

A Difusão de Tecnologia no Sistema Americano de Inovação.

O estilo da inovação de alta tecnologia ilustrado pelo transistor tem sido uma força permanente no período do pós-guerra. Em áreas diversas como a computação gráfica, inteligência artificial e máquinas de controle numérico, os empreendimentos militares alteraram significativamente o ambiente tecnológico.

Thomas Misa, 1985: 287.

Devido sua abrangência, não é tarefa fácil avaliar o peso e a influência das inovações militares no conjunto das inovações básicas que moldaram a economia americana no pós-guerra. Se considerarmos como inovações básicas, aquelas que criam novos setores na indústria (como por exemplo fez Mensch, 1979), e se mantivermos a classificação industrial de Pavitt⁸, é possível dizer que o “complexo militar-industrial-acadêmico” criou as inovações básicas em todas as novas indústrias baseadas em ciência (aeroespacial, computadores, equipamentos de telecomunicação) e manteve a liderança em muitas indústrias baseadas em fornecedores especializados (tais como máquinas de controle numérico e outros bens de capital) indústrias que, ao lado da farmacêutica, dos serviços de empresas e dos bancos, formam os principais setores de alta tecnologia.

Mas como foi observado, não apenas as máquinas, mas as ideias sobre como utilizá-las, como no caso da Internet, foram desenvolvidas para projetos militares em redes de instituições especialmente construídas e apoiadas pelo DOD. Estas indústrias nascentes estiveram concentradas nos anos 50 e 60, e foram estimuladas através da provisão de financiamento e compras governamentais sem preocupações de custos⁹.

O “complexo militar-industrial-acadêmico” possui uma singularidade que o distingue de outros sistemas nacionais de inovação. Devido ao papel protagonista dos laboratórios acadêmicos, a rede descentralizada de pesquisadores e a motivação dos principais formuladores de política tecnológica, a difusão comercial da tecnologia militar se deu através de firmas emergentes. Instituições como o DARPA ou a NASA, por exemplo, assumiram aqui a função de *venture capitalist*. Cientistas e engenheiros usaram seus conhecimentos acumulados nos laboratórios públicos para criar novas empresas explorando as novas tecnologias. O Laboratório Eletrônico Lincoln do MIT, tal como analisado por Leslie (1993) viabilizou a criação de dezenas de novas companhias de alta tecnologia que se beneficiaram dos contratos e do conhecimento prévio dos engenheiros deste laboratório.

Como foi observado anteriormente, os estudantes que criaram as novas tecnologias no Vale do Silício foram majoritariamente treinados em Stanford, e foram criados e apoiados por contratos militares. Quando as inovações se conectaram em computadores e programas, este tipo de transferência de tecnologia tornou-se cada vez mais importante. Como relatado por Hughes (1998), a companhia escolhida para o desenho e a construção da rede física do projeto ARPANET foi uma pequena empresa de Massachusetts formada por pessoas de Harvard e do MIT, dirigida por um engenheiro do MIT e principal estrategista da rede de cientistas do projeto ARPANET.

Ao lado desta forma de transferência de tecnologia através da aprendizagem e dos conhecimentos incorporados em indivíduos, a transferência de tecnologia diretamente para as grandes empresas fornecedoras e indiretamente para os seus fornecedores especializados constituiu a principal forma de difusão de novas tecnologias. Na medida em que as incertezas e os riscos comerciais foram provisoriamente suspensos pelo apoio militar, o ciclo de vida do processo de inovações

⁸ Ver Dosi, Pavitt & Soete, 1990.

⁹ The Army employed three related strategies to build up a large production capacity for transistors. One was to finance new plants directly. In 1953, for example, the Signal Corps underwrote the construction of a huge Western Electric transistor plant. (...) In addition to Western Electric, Raytheon, Radio Corporation of America and Sylvania benefited from such military support. A second Army program stressed engineering development. (...) A third Army initiative influenced the cohesion of the emerging transistor industry. In mid-1953 the Sign Corps sponsored a conference aimed at standardizing the operating characteristics of transistor. (Misa, 1985: 275).

foi encurtado e as oportunidades de exploração comercial foram asseguradas pela acumulação de capacitação técnica dos laboratórios industriais¹⁰.

Tecnologias de fronteira com memória magnética e circuitos eletrônicos foram diretamente passadas do Lincoln para a IBM. A influência do projeto SAGE na construção de sistemas de reservas na aviação civil é outro exemplo importante. Histórias semelhantes repetem-se na AT&T em sistemas de comunicação de informações e em muitas grandes empresas em setores baseados em ciência.

Como na citação de Thomas Misa no início desta seção, o empreendimento tecnológico militar enviesou, nos EUA, a mudança tecnológica estimulando e selecionando variantes específicas das novas tecnologias. A “estratégia da arma tecnologicamente superior” demanda elevada exigência em performance e eficiência. Na disputa por contratos milionários, as empresas são aceitas ou eliminadas de acordo com a qualidade do seu laboratório industrial e com o atendimento às rígidas especificações.

Esta exigência cria padrões distintos daqueles voltados para a simplificação e redução dos custos necessários à produção em massa. Mas a tensão entre qualidade e quantidade não é trivial. Um padrão é um bem público e provê as instruções necessárias para a produção em massa e a padronização das características operacionais, tais como as demandadas na tecnologia militar (um excelente exemplo é o da indústria de semicondutores analisada por Misa, 1985). Neste sentido, ao estimular o progresso técnico e a padronização dos equipamentos, a demanda militar por um alto desempenho age simultaneamente na criação e na difusão de tecnologia.

Mas a criação de padrões não se resume à qualidade dos equipamentos, mas ao conjunto de especificações segundo a sua utilização principal. No caso do transistor americano, a exigência de alta performance dos sistemas eletrônicos incluía a resistência a elevadas temperaturas (necessárias aos mísseis e aviões de guerra) forçando produtores, como a Texas Instruments, a buscar novos e mais caros transistors. Este padrão na indústria eletrônica distinguiu a experiência americana de outros sistemas nacionais de inovação¹¹.

Embora não exista um único uso para o novo conhecimento, a direção do progresso técnico moldado pela concorrência pelas armas criou um viés em custos, ausente nas tecnologias de uso comercial, tais como as desenvolvidas pelo bem sucedido sistema japonês de inovação. Um exemplo importante ocorreu com as máquinas de controle numérico. Esta era uma inovação demandada pela Força Aérea nos anos 50, desenvolvida para aviões de alta velocidade e mísseis intercontinentais. Seus componentes deveriam suportar altas temperaturas e apresentar alto desempenho. A tecnologia destas máquinas foi rapidamente difundida na economia mundial nos anos 70, mas ao contrário das máquinas americanas, os equipamentos desenvolvidos pelo Japão enfatizaram simplicidade e baixo custo, adequados ao uso comercial. Como resultado, em 1978, a indústria americana transformou-se num importador líquido de máquinas de controle numérico.

¹⁰ Um bom exemplo examinado por Cypher (1987) foi o caso do laboratório da Bell Telephone. Outro caso importante foi o da IBM, grande beneficiária da pesquisa eletrônica liderada pelo Laboratório Lincoln sob encomenda dos militares. (Leslie, 1993).

¹¹ When coupled to the development process, military needs promoted the high performance diffused transistor in the 1950s, the integrated circuit in the early 1960s, and the very-high-speed integrated circuit in the early 1980s. The driving force behind the semiconductor industry in Japan, in contrast, has been the powerful Ministry of International Trade and Industry (MITI). In electronics MITI has emphasized not ultra-high technology products lines but rather the large scale, coordinated expansion of the semiconductor market. (Misa, 1985: 286).

Este viés tecnológico, ao lado da maturidade da indústria eletrônica e o forte corte no orçamento militar ocorrido nos anos 70, foram aspectos importantes na mudança da liderança militar americana sobre o seu sistema de inovações.

MANTECH, DARPA, Mudança da Política Militar na Tecnologia Americana.

(...) o programa MANTECH colocou o Departamento de Defesa numa posição central na mudança da ordem econômica internacional. No passado, o controle numérico e outros projetos como o laser atenderam a necessidades militares e foram racionalizados com base em argumentos de eficiência do processo produtivo. Mas hoje, com a maior importância dos interesses dos EUA na economia mundial, o DOD busca promover através do MANTECH a presença industrial americana nos mercados internacionais e a sua liderança tecnológica. O MANTECH objetiva promover a competitividade de todo o setor industrial americano e não apenas os seus setores de defesa. Raymond Larsen cit. in Cypher, 1987.

Em dólares constantes de 2002, o orçamento de defesa de 1975 foi inferior ao de 1955, e os gastos militares com P&D foram inferiores à metade do valor orçado naquele ano. Como pode ser visto na tabela apresentada anteriormente, o declínio nos gastos militares de P&D começaram nos anos 60 e atingiram seu nível mais baixo em 1975. Depois de 1980, no período Reagan, o orçamento de defesa cresceu fortemente atingindo o seu clímax em 1985, os gastos com P&D também cresceram espetacularmente. Durante os anos 60, a NASA injetou bilhões de dólares em pesquisas e encomendas, conseqüentemente, a grande mudança no orçamento militar ocorreu nos anos 70. De fato, nesta década, como consequência da Guerra do Vietnã e do Watergate, o apoio político para projetos militares grandiosos foi fortemente reduzido. Em torno dos melhores campus universitários, o envolvimento dos cientistas em projetos militares foi duramente criticado.

Depois das revolucionárias inovações tecnológicas dos anos 50 e 60, o momento tecnológico havia mudado. Se naqueles anos a introdução de inovações básicas em novas armas era o desafio real, nos anos à frente, devido à rapidez das inovações eletrônicas, a novidade dos novos dispositivos eletrônicos envelhecia num período mais rápido do que os artefatos militares. O desafio passou a ser o de introduzir continuamente estas inovações nas armas e equipamentos de comunicação existentes.

A procura militar não era mais a única fonte de demanda e de incentivos para a indústria de alta tecnologia. A indústria eletrônica, a de computadores pessoais, a de equipamentos de telecomunicação, tinham se difundido mundialmente exercendo uma extraordinária demanda pela tecnologia moderna. As inovações nesses setores originariamente liderados por objetivos militares adquiriram autonomia na medida em que a indústria adquiria maturidade. Adaptar para fins militares as inovações obtidas num mercado muito mais vasto e canalizar esforços de pesquisa de laboratórios industriais muito mais ricos para uma tecnologia de uso dual (civil e militar) constituía as novas prioridades dos militares.

Como pode ser observado nos dados abaixo, transformações importantes na distribuição dos gastos em P&D ocorreram desde os anos 70.

Gastos estimados de P&D por Fontes em Anos Selecionados

Anos selecionados	Total (1998 milhões \$)	Indústria (% do total)	Governo (% do total)	Universidade (% do total)	Outros (% do total)
1947	7.645	38,8	53,9	3,9	3,4
1957	50.345	35,0	62,9	0,5	1,6
1967	99.326	34,9	62,4	0,9	1,9
1977	103.258	45,2	51,0	1,3	2,5
1987	171.309	49,6	46,4	1,8	2,2
1998	227.173	65,9	29,5	2,2	2,5

Source: Science & Engineering Indicators, 2000.

Durante os anos 70, os militares buscaram uma nova abordagem para as políticas tecnológicas voltadas à produção de armas sofisticadas. O programa de Tecnologia Industrial (MANTECH) sob a direção do comando do sistema da Força Aérea (AFSC)¹² iniciado na metade da década faz parte desta nova política. Sua origem está associada com a evolução da máquina de controle numérico e o programa da Força Aérea para a construção de fábricas computadorizadas (ICAM).

Como observado anteriormente, a rápida difusão de novos equipamentos eletrônicos demandava uma tecnologia militar mais equilibrada e preocupada com custos. A expansão da importação de produtos de alta tecnologia e a difusão da automação na indústria japonesa a um ritmo mais rápido do que o observado nos EUA, estavam na base desta nova abordagem. A automação mais lenta da indústria metal-mecânica nos EUA (e conseqüentemente do projeto de automação industrial sonhado pela Força Aérea) era atribuída aos elevados custos de uma tecnologia exclusivamente militar. Para reduzir os custos das novas armas era necessário obter uma transição mais rápida da tecnologia de uso militar para uso civil e canalizar a pesquisa comercial para projetos militares. Para este objetivo era necessário um amplo processo de modernização industrial e a criação de uma tecnologia de uso dual. Como exposto recentemente num documento do programa MANTECH:

Os soldados em guerra necessitam de base industrial que responda com tecnologias avançadas e processos que reduzam os custos e o tempo de elaboração em cada fase do desenho, do desenvolvimento, da produção e do apoio aos sistemas de campo. Obter redução de custos e reduzir o ciclo do processo inovativo constituem os objetivos predominantes do MANTECH. (ManTech, Five-Year Plan, 2001).

A principal política de financiamento do programa MANTECH foi (e prossegue sendo) a de apoiar novos projetos em áreas sem interesse comercial, mas considerada essencial para a tecnologia de defesa e promover uma rápida transição desta tecnologia para uma aplicação ampla.

O programa não foi concebido para o desenvolvimento de novas ideias (um projeto financiável deve ser considerado exequível ao nível de laboratório) ou para a compra de equipamentos, se o objetivo como um *venture capitalist* é o de prover fundos para encorajar “o gasto de pesquisa das empresas em novas tecnologias de interesse e o de guiar os setores militares em sua política industrial”. (ManTech, Five-Year Plan, 2001: 5).

A ênfase recai no desenvolvimento e na engenharia em metalúrgica, novos materiais, eletrônica, energia, munições para novas armas, redução de custos e introdução de melhores técnicas em setores que os EUA encontrem-se abaixo do estado

¹² Ver Cypher, op. cit.

das artes.. Um claro aspecto desta política é a concepção de que a indústria da defesa forma uma intrincada rede de sub-setores e fornecedores, um Advanced Manufacturing Enterprise¹³ requerendo políticas voltadas a aumentar a produtividade e a qualidade do conjunto industrial.

A despeito de ter sido criada nos anos 70, o programa assumiu maior relevância nos anos 90 quando, depois de um extraordinário crescimento nos anos 80, o orçamento militar declinou substancialmente até os últimos dois anos. A MANTECH foi criada para canalizar recursos de P&D de grandes laboratórios para projetos militares. Projetos de fabricação de novos sensores desenvolvidos pelo Exército com parceria da Raytheon Systems, de novos sistemas de transmissão em parceria com a ITT Research Institute Industry Consortium, de sistemas de empacotamento e microondas; uma parceria da Marinha com a Lockheed Martin, de novas turbinas; uma parceria da Força Aérea com a Howemet Company são alguns exemplos de projetos da MANTECH (ManTech, Five-year Plan, 2001).

O DARPA, uma renovada agência do DOD cuja importância histórica já foi observada, ainda que compartilhe com esta nova abordagem da política industrial é bastante mais ambiciosa em termos de liderança científica e tecnológica. Respondendo diretamente à Secretaria de Defesa, ela possui total independência da estrutura convencional de P&D dos militares. Tal como em outras instituições inovadoras como a RAND Corporation e o DARPA, o pessoal qualificado é recrutado entre os engenheiros e cientistas das melhores universidades e laboratórios de pesquisa. Administrando um orçamento maior do que o do MANTECH (cerca de 2 bilhões de dólares anuais) com maior flexibilidade de contrato, o seu principal objetivo é o de “criar inovações radicais voltadas à segurança nacional” (Fernandez, 2002) através de descobertas científicas e tecnológicas. A maior importância de instituições como o DARPA é, como foi visto no passado, a formulação de novas questões de guerra e a coordenação dos novos projetos tecnológicos que lhe sejam adequados.

Depois da União Soviética: Guerra Assimétrica, Corrida Armamentista e Tecnologia.

Com a extinção da União Soviética e da principal ameaça nuclear, o orçamento de defesa dos EUA contraiu-se fortemente. Em 2002, depois do ataque terrorista de 11 de setembro de 2001, o orçamento militar teve um crescimento extraordinário. Mas mais importante do que esta evolução é investigar se, com a extinção da concorrência armamentista com a União Soviética, o estímulo ao progresso técnico decorrente da busca incessante por novas armas sofreu alguma solução de continuidade.

No passado, a bomba atômica, os mísseis transcontinentais e a conquista da lua foram resultados de grandes projetos que levaram a radicais inovações na microeletrônica, computadores, novos materiais, máquinas inteligentes etc. A iniciativa de defesa estratégica (Guerra nas Estrelas) de Reagan objetivava explorar a liderança americana na tecnologia espacial expandindo o teatro de guerra para o espaço com estações que pudessem anular a ameaça dos mísseis soviéticos. Devido à capacitação tecnológica de sua indústria, este esforço gerou ampla expansão das compras de armas e a introdução de novidades, em particular os equipamentos invisíveis (*stealth aircraft*).

Na corrida armamentista que se extinguiu com o fim da União Soviética houve características notáveis. Um aspecto essencial era a natureza assimétrica do adversário e uma simétrica concepção de luta e definição dos alvos. A aposta americana na alta

¹³ AME, ou complexo industrial na literatura mais convencional.

tecnologia como forma de ganhar a guerra era especialmente concebida como um enfrentamento de guerra entre competidores que se rivalizam na concorrência por equipamentos cada vez mais destrutivos. A inadequação desta estratégia a guerras localizadas, como eloquentemente demonstrada na derrota americana no Vietnã, não abalou as convicções dos militares americanos na estratégia de guerra centrada na busca da superioridade tecnológica nas armas. Convém explorar esta questão, ainda que de uma forma bastante resumida.

O conflito do Vietnã resultou na mais contundente derrota da estratégia militar dos EUA contra uma guerra insurrecional no Terceiro Mundo. Os EUA enfrentaram o desafio militar apostando sempre em sua massiva superioridade militar convencional e no seu arsenal tecnológico. Se na Guerra da Coréia o número de toneladas de munição por homem foi superior ao da II Guerra Mundial em oito vezes, na Guerra do Vietnã este número foi de 26 vezes superior! (Kolko, 1985). Para os EUA, a guerra foi essencialmente uma questão de despejar toneladas e toneladas de bombas visando destruir as forças de um inimigo tenaz e elusivo, e criar as condições para a vitória dos seus (despreparados e desmotivados) aliados. Ao lado dos aviões B-52, a grande inovação criada a partir da Guerra da Coréia foi o uso massivo do helicóptero, que devido a sua mobilidade foi considerada a arma especial para o conflito insurrecional. A utilização do Napalm, dos desfolhantes e dos sensores eletrônicos compôs, juntamente com as novas aeronaves, o arsenal tecnológico que os EUA contavam ser capaz de assegurar a vitória do exército regular do Vietnã do Sul. Uma guerra em que a aviação respondia por mais do que um terço dos seus custos.

A escalada da guerra mostrou dois importantes dilemas técnicos e políticos associados à “estratégia da arma tecnologicamente superior”, em conflitos locais e de conquista de território. Em primeiro lugar, a constatação de que a contrapartida da alta mobilidade assegurada por helicópteros exigia um número crescente de mão-de-obra em posições estáticas de atividades de logística que se revelavam alvos frágeis para a ação de sabotagem do adversário e, em segundo lugar, o dilema formado pela incapacidade dos EUA em fazer uma guerra barata ou a de sustentar politicamente uma guerra longa e cara.

Com efeito, na segunda metade dos anos 60, a Guerra do Vietnã consumia cerca de 37% do orçamento militar, algo como 30 bilhões de dólares anuais. Devido ao regime monetário do dólar/ouro, esta expansão dos gastos da guerra convencional se dava em detrimento dos gastos considerados necessários às novas armas. Esta oposição entre sustentar uma guerra cara e expandir o orçamento para novas armas tecnologicamente superiores foi parcialmente desfeita com a ruptura dos EUA em 1971, do padrão monetário do dólar atrelado ao ouro¹⁴. Mas a estratégia Nixon/Kissinger contemplava uma outra racionalidade. A Guerra do Vietnã não só era cara, difícil de ser ganha e politicamente desastrosa, a hipótese principal desta estratégia era a de que ela deveria ser ganha no palco da grande diplomacia, explorando as contradições da rivalidade sino-soviética. Por outro lado, considerava-se que era contra a União Soviética que o cenário principal da guerra deveria se concentrar. Esta proposição se reforçava com o anúncio, em 1973, dos testes bem sucedidos dos mísseis soviéticos de ogivas múltiplas. O desgaste interno de uma guerra baseada numa *unattractive public image* dos bombardeios e no fracasso da vietnamização do conflito (com as sucessivas derrotas de um débil e corrompido exército) levaram à saída dos americanos do Vietnã.

¹⁴ Em suas memórias, Kissinger sublinhava que: I was fighting a desperate but losing struggle against the Pentagon's desire to redeploy air and naval forces out of Southern Asia in order to devote scarce funds to the procurement of new weapons. (Kolko, 1985: 471).

Do ponto de vista militar, a estratégia Nixon/Kissinger de enfrentamento da União Soviética, acirrando a concorrência pela “arma tecnologicamente superior” é plenamente retomada no final da década por Reagan e aprofundada por Bush na primeira guerra contra o Iraque sem que os EUA tivessem criado uma “doutrina confiável para guerras limitadas e capacitação tecnológica para intervenção nos países do terceiro mundo”. (Kolko, 1985: 545). Esta questão encontra-se, hoje, no centro dos acontecimentos.

Com a extinção da União Soviética e mesmo antes do ataque terrorista de setembro de 2001, os desafios de segurança formulados pelos militares americanos mudaram radicalmente. Com uma expansão sem precedentes de seu poder imperial, o governo dos EUA, através do DOD e do DARPA, desenvolveu uma nova concepção de guerra, uma nova estratégia demandando novas realizações científicas e novas tecnologias. Como foi exposto no Quadriennial Defense Review Report (QDRR), preparado imediatamente antes de setembro de 2001, e publicado alguns dias depois; para os EUA, uma nova concorrência armamentista já começou.

Esta nova estratégia considera que, com a extinção da União Soviética, não existe mais um adversário que rivalize o poder militar dos EUA, mas a emergência de potências regionais (na Ásia), a globalização dos interesses americanos, a difusão de tecnologia militar e a crescente importância de atores não-estatais, abriram novos cenários de guerra. De acordo com esta nova concepção de guerra¹⁵, a estratégia para uma guerra assimétrica deve basear-se mais na avaliação de como um adversário potencial poderá atacar do que na identificação deste ou do lugar do ataque.

Diferentemente do antigo cenário de guerra, esta nova estratégia considera um teatro de operações difuso e disperso em ambientes distantes e hostis, com um mínimo apoio por terra. Para este “modelo baseado na capacitação” é essencial antecipar e simular a capacitação de ataque a um inimigo potencial. Este ataque potencial aos EUA e a seus aliados é considerado, tanto em termos de armas convencionais de destruição em massa quanto de armas biológicas e químicas, ou ainda, na forma de um ataque na estrutura de informações do sistema de defesa.

O núcleo desta estratégia é adquirir um permanente controle do espaço e a sua exclusão aos adversários – a interrupção das comunicações das tropas iraquianas na Guerra do Golfo é um marco na importância das novas tecnologias de informação para fins militares –, prover ataques precisos (evidentes no Afeganistão em significativo contraste com os ataques massivos e ineficientes no Vietnã nos anos 60) e obter superioridade operacional em áreas de acesso negado. Trata-se de uma combinação de bombardeios e comando em operações externas e um novo tipo de fortificação na defesa dos espaços internos. Como analisado pelo DARPA e pelo DOD, para enfrentar as novas exigências de defesa que emergem desta concepção de ataque são necessárias inovações radicais em sensores móveis como inteligência de imagens, sinais, computação, criptografia, tradução, comunicação, aviões e plataformas invisíveis, veículos não pilotados, sistemas de localização etc.

Se a questão é o reconhecimento de comportamento impróprio e detectar algo nocivo no ambiente e prontamente removê-lo, a biologia possui grande alcance quando combinada com novos sensores e dispositivos eletrônicos. (Fernandez, 2002: 5).

O principal desafio nesta ciência “Bio/Info/Micro” é integrar os sistemas biológicos com os sistemas físicos e a tecnologia de informação, (...) de forma a criar algoritmos, softwares e a arquitetura de defesa que o DOD necessita no futuro. A maior

¹⁵ Não é nosso objetivo aqui analisar quão real e exagerada é a avaliação do DOD sobre a capacitação de ataque dos novos adversários. Nosso objetivo aqui é apenas o de extrair algumas consequências tecnológicas que emergem desta doutrina.

parte dos planos futuros do DOD envolve grandes redes de homens e robôs capazes de reagir às agressões e criar o domínio operacional para os soldados no futuro. (ibidem).

Alguns projetos revolucionários podem ser vistos na tabela abaixo:

Agência de Projetos Avançados de Pesquisa de Defesa (Encomendas planejadas)

Descrição do Programa	Cronograma
Expansão Cognitiva através de sistemas de simbiose homem-computador em simulações de combate.	5 anos
Sistemas de Computação de Alta produtividade, computação quântica e tecnologias inovadoras	9 anos
Jogos de Guerra e Ambiente Assimétrico, criação de modelos de comportamentos automáticos e adaptativos visando adversários assimétricos, redes neurais programação evolucionária, técnicas híbridas de raciocínio.	5 anos
Próxima Geração, sistemas voltados para melhoras revolucionárias na comunicação militar, tecnologias de sistemas integrados em microeletrônicas e em forma de ondas.	5 anos
Sistema de Comunicação provendo informações visuais de alta qualidade aos combatentes no ar, terra e debaixo da água. Aumento da capacidade de comunicação dos operadores de submarino.	4.5 anos
Interfaces Cérebro-Máquina através da criação de novas tecnologias aumentando a performance humana através de códigos de acesso em tempo real integradas com sistemas operacionais periféricos.	5 anos
Sistemas biológicos de insumo-produto, desenho de módulos de DNA que permita o uso de organismos (plantas, micróbios) como sentinelas remotos na detecção de ambientes químicos ou biológicos.	3 anos.
Conceitos de Interface Bio-Magnéticos, desenvolvimento de programas que permitam integração de magnetismo e biologia e descoberta de mecanismos para a detecção, manipulação e controle e biomoléculas e célula. Sensores magnéticos e descoberta de novos microscópios óticos.	3 anos.

Fonte: DARPA, Planned Procurements, December 2001.

O ataque terrorista conferiu grande prioridade ao desenvolvimento desta nova concepção, o orçamento da defesa aumentou e a abordagem do DARPA conquistou grande apoio. O ritmo das inovações industriais que emergirá destas ideias não é conhecido, mas o que pode ser dito é que hoje, como no passado, as questões de guerra estão colocando novos desafios científicos e tecnológicos conformando a trajetória tecnológica americana.

Referências Bibliográficas

CYPHER, J. M. (1987) Military Spending, Technical Change and Economic Growth: a Distinguished From Industrial Policy? *Journal of Economic Issues*, v. XXI, n.1. New York.

DOD (2002) National Defense Budget, Estimates for FY 2002. Washington, D.C.

_____. Department of Defense, (2001) Quadrennial Defense Review Report. September 30. Washington, D.C.

_____. DARPA (2001) Planned Procurement. December. Washington, D.C.

DOSI, G.; PAVITT, K. & SOETE, L. (1990) *The Economics of Technical Change and International Trade*. Harvester, Wheatsheaf. Hertfordshire, Grã-Bretanha.

FERNANDEZ, F. (2002) Meetings Goals for Focus 2000. DARPA, DOD, [www.darpa.mil].

FREEMAN, C. (1994) The Economics of Technical Change. *Journal of Economics*, v. 18, n. 5. Cambridge.

HOLLEY Jr., I. B. (1983) *Ideas and Weapons*. Office of Air Force History, Washington D. C.

HUGHES, T. P. (1998) *Rescuing Prometheus*. First Vintage Books, New York.

KOLKO, G. (1985) *Anatomy of a War, Vietnam, The United States and the Modern Historical Experience*. Phoenix Press, London.

LAMBRIGHT, H. (2002) *Managing America to the Moon: a Coalition Analysis*. [www.nasa.chapter].

LESLIE, S. W. (1993) *The Cold War and the American Science*. Columbia University Press, New York.

MANTECH (2001) *Five-Year Plan (FY02-FY06) for Manufacturing Technology*. Department of Defense, October. Washington D.C.

MENSCH, G. (1979) *Stalemate in Technology*. Cambridge Mass, Ballinger, Cambridge.

MILWARD, A. S. (1977) *War, Economy and Society, 1933-1945*, Allen Lane, Great Britain.

MISA, T. J. (1985) *Military Needs, Commercial Realities and the Development of the Transistor, 1948-1958*, in: SMITH, R. (1985), *Military Enterprise and Technological Change*. The MIT Press, Cambridge Mass, Cambridge.

MOWERY, D. & ROSENBERG, N. (1993) *The U.S. National Innovation System* in: NELSON, R., (1993) *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York.

NSF – National Science Foundation. *Science & Engineering Indicators, 2000*. New York.

NELSON, R., (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York.

NOBLE, D. (1985) *Command Performance: A Perspective on Military Enterprise and Technological Change*, in: SMITH, R. (1985), *Military Enterprise and Technological Change*, The MIT Press, Cambridge Mass, Cambridge.

PIVETTI, M. (1992) *Military Spending as a Burden on Growth: an “underconsumptionist” critique*. *Journal of Economics*, n. 16. Cambridge.

ROE SMITH, M. (1985) *Military Enterprise and Technological Change*. The MIT Press, Cambridge Mass, Cambridge.

ROSEMBERG, N. & NELSON, R. (1993) *Technical Innovation and National Systems*, in: NELSON, R. (1993) *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*. Oxford, University Press, New York.

ROSEMBERG, N. (1974) *Science, Invention and Economic Growth*. *The Economic Journal*, v. 84, n. 333.

SCHMOOKLER, J. (1966) *Invention and Economic Growth*. Cambridge Mass, Harvard University Press, Cambridge.