

NOSSA CAPA



AS FUNÇÕES TECNOLÓGICAS DO COMBATE

MARCÍLIO BOAVISTA DA CUNHA*
Vice-Almirante (Ref^o-EN)

SUMÁRIO

Introdução
Funções tecnológicas do combate
Subfunções tecnológicas
A evolução da função sensoriamento
A evolução da função processamento
A evolução da função posicionamento
A evolução da função atuação
A evolução da função logística
As funções tecnológicas e as novas tecnologias
Comentários finais

INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma proposta de decomposição do ciclo do combate em funções tecnológicas, sob o ponto de

vista técnico e de engenharia.¹ Em seguida, mostra a evolução dessas funções com base nos equipamentos e sistemas utilizados nos grandes conflitos da humanidade, em especial nas Guerras Napoleônicas

* PhD em Engenharia, doutor em Ciências Navais, membro da Academia Nacional de Engenharia e conselheiro do Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha.

1 Versão atualizada de artigo publicado anteriormente na *Revista da Escola de Guerra Naval*, volume 17, número 2, dezembro/2011, de autoria de José Carlos Albano de Amarante (falecido) e Marcílio Boavista da Cunha.

(1794-1815), na Primeira Guerra Mundial (1914-1918), na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e nas guerras do Golfo Pérsico (1991 e 2003).

O uso das funções tecnológicas pode atenuar a dificuldade de integração entre pessoas que realizam estudos e elaboram projetos na área da defesa, cada um com sua lógica própria e abordagem específica. Observa-se que a aplicação dessas funções tem contribuído, no ambiente acadêmico, para o melhor entendimento entre os estudiosos, tanto os interessados em assuntos políticos e estratégicos quanto os envolvidos com aspectos operativos e técnicos.

FUNÇÕES TECNOLÓGICAS DO COMBATE

Ao focalizar nas ações operativas, pode-se observar que os combates ocorrem em fases distintas, muitas vezes sequenciadas². Um olhar técnico e de engenharia³ indica que, para cumprir essas fases, algumas funções precisam ser exercidas, sob a influência crescente de novas tecnologias – as Funções Tecnológicas do Combate:

S – Sensoriamento – com o propósito de obter informações sobre as ameaças e sobre o ambiente operacional;

P – Processamento – com o propósito de coletar e tratar as informações obtidas, tomar decisões, planejar e controlar as ações;

Po – Posicionamento – com o propósito de posicionar e preparar os sensores (melhores informações), os processadores (maior segurança), os atuadores (maximizar resultados) e os apoiadores (apoio tático);

A – Atuação – com o propósito de cumprir decisões e executar ações voltadas para a neutralização das ameaças; e

L – Logística – com o propósito de apoiar as operações, promovendo a fluidez das demais funções tecnológicas.

É relativamente simples descrever essas funções. Entendendo-se como funciona o corpo humano, pode-se compreender o funcionamento do “corpo de combate”. O nosso corpo interage com o meio ambiente por meio de cada um dos sentidos. Dois sentidos se sobressaem: a visão, excitada pelo campo visível do espectro eletromagnético, e a audição, sensível a perturbações de baixa frequência na pressão ambiente. A visão é o sentido que inspirou a evolução tecnológica militar e o atual estado da arte de fazer guerra. Ela abriu a janela eletromagnética para a exploração tecnológica dos meios de combate modernos.

O processamento é constituído pelo cérebro e os meios de comunicação entre ele e os sensores, posicionadores e atuadores; é responsável pelo processamento da informação e pela emissão de ordens com o objetivo de realizar uma tarefa estabelecida. O cérebro humano é capaz de controlar automática e simultaneamente a forma e a intensidade de operação dos posicionadores e atuadores – braço, perna, língua e outros. Como ocorreu com a visão, o cérebro também está inspirando a evolução da tecnologia militar no campo do comando e controle de sistemas, mediante a teoria computacional das redes neurais. E, é claro, sem armas, munição, roupas adequadas, alimentos, água e medicamentos, pouco poderá ser feito.

O “corpo de combate” funciona de maneira semelhante nos seus mais variados ní-

² Como descrito, por exemplo, no ciclo PDCA (planejar, executar, verificar, agir), de Willian Deming, e no ciclo OODA (observar, orientar, decidir, agir), de John Boyd. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/OODA_loop>.

³ São aqui considerados apenas os temas técnicos e de engenharia relativos ao combate, sem levar em conta aspectos táticos, doutrinários, legais, éticos, filosóficos, psicológicos e outros.

veis – desde o combatente individual, passando por sistemas de armas, por brigadas, esquadrilhas, esquadras, até o escalão de forças conjuntas. Imagine um infante com um fuzil. Para desempenhar o seu papel em combate, ele deverá necessariamente utilizar as funções tecnológicas (SPPoAL) ao enfrentar o inimigo. Um sistema de armas moderno, por sua vez, na busca da automação, desempenha quase todas essas funções: busca, detecção e identificação do alvo; tomada de decisão para o tiro; e guiamento do atuador até a neutralização da ameaça. O mínimo de funções cumpridas pelo homem implica o máximo de automação atingido pelo sistema.

SUBFUNÇÕES TECNOLÓGICAS

As funções tecnológicas do combate podem ser subdivididas em subfunções, visando evidenciar determinados subconjuntos de atividades que aparecem no caminho crítico do combate. Dessa maneira, as subfunções podem ser introduzidas no ciclo funcional do combate e, até mesmo, ser combinadas com funções diferentes daquelas a que estejam vinculadas.

São subfunções ou atividades típicas vinculadas ao Sensoriamento: a análise do ambiente operacional, o conhecimento e a previsão da propagação de energia e dos sinais, o alinhamento e a preparação dos sensores, a busca e a detecção de alvos e sua correlação e identificação.

São subfunções ou atividades típicas vinculadas ao Processamento: a transmissão e o tratamento da informação sensorial, a montagem de quadros de situação, a busca da consciência situacional, a análise de linhas de ação e a tomada e transmissão de decisões e ordens de tiro.

São subfunções ou atividades típicas vinculadas ao Posicionamento: a movimentação, concentração e dispersão de plataformas; o pré-posicionamento de plataformas, sensores e atuadores; o recebimento e execução de ordens de movimento; o governo, a navegação e o posicionamento de plataformas; e a preparação para a atuação.

São subfunções ou atividades típicas vinculadas à Atuação: o recebimento e a execução de ordens de atuação e de tiro, o alinhamento e a prontificação dos sistemas de armas, a aquisição e a designação de alvos, o guiamento dos atuadores e a realização do ataque.

São subfunções ou atividades típicas vinculadas à Logística: o preparo e a execução da mobilização e da desmobilização, a sustentação da base industrial e da cadeia produtiva, a realização do apoio fixo e móvel, a movimentação de pessoal e de material e as ações de manutenção e de reparo.

A EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO SENSORIAMENTO

Sensores são dispositivos capazes de captar e processar: sinais emitidos pelo próprio alvo ou por ele refletidos, quando iluminados por emissores distantes; e/ou modulações e modificações de campos energéticos, naturais ou artificiais, causadas pela presença ou proximidade do alvo⁴.

Como nos primórdios da história das guerras, as Guerras Napoleônicas ainda continuavam a se valer da audição e da visão como “sensores de combate”. Na verdade, até esse período, o homem não havia desenvolvido nenhuma tecnologia significativa para a função sensoriamento. A luneta, inventada como telescópio

4 Cunha, M. Boavista, em “Sensores para Detecção e Acompanhamento de Alvos”, *Revista da Associação Brasileira de Engenharia Militar*, nº 92, 1989.

em 1608, foi a primeira tecnologia utilizada para melhorar a qualidade da informação obtida, antes e durante o combate, aproveitando lugares elevados ou balões. No que concerne à audição, é notória a recomendação dos comandantes aos infantes, durante as ações de penetração em força: “avançar na direção do troar dos canhões inimigos”. O som proveniente da linha de tiro denunciava a localização do centro de gravidade das forças inimigas, uma vez que o alcance dos canhões daquela época atingia irrisórios mil metros.

Na Primeira Guerra Mundial, o avião ampliou consideravelmente o campo de visão e a invenção da fotografia tornou possível, pela primeira vez, a gravação da informação.

Na Segunda Guerra Mundial, o sonar, empregado em operações navais, ampliou o alcance do sensoriamento auditivo. Mas foi o radar que descerrou as cortinas para exploração das várias faixas do espectro eletromagnético, ampliando o conceito de visão ótica para visão eletromagnética. A incipiente tecnologia fazia crescer o campo visual para incluir a banda de micro-ondas. Os ingleses, na Batalha da Inglaterra, devem a vitória a esse notável avanço tecnológico. A chave para o progresso exponencial da função sensoria-mento havia sido encontrada.

As Guerras do Golfo⁵ fizeram desfilarem uma extensa gama de equipamentos de sensoriamento, apoiada no entendimento das condições de propagação das energias acústica e eletromagnética. Agora, eles

atuam em variadas bandas do espectro, varrendo as radiofrequências, as micro-ondas, o infravermelho, a faixa ótica e o ultravioleta.

Ciência, Tecnologia e Engenharia agiram rapidamente, com uma notável expansão do sensoriamento. Hoje em dia, já estão operacionais ou em produção sistemas capazes de detectar quase todos os meios aéreos e de superfície, utilizando sensores pequenos, passivos, muito sensíveis, com enorme capacidade de armazenagem e processamento dos dados obtidos em quantidades imensas. Alguns desses sensores “inteligentes” são capazes de processar e fundir seus pró-

prios dados brutos, extraindo e divulgando informações importantes.

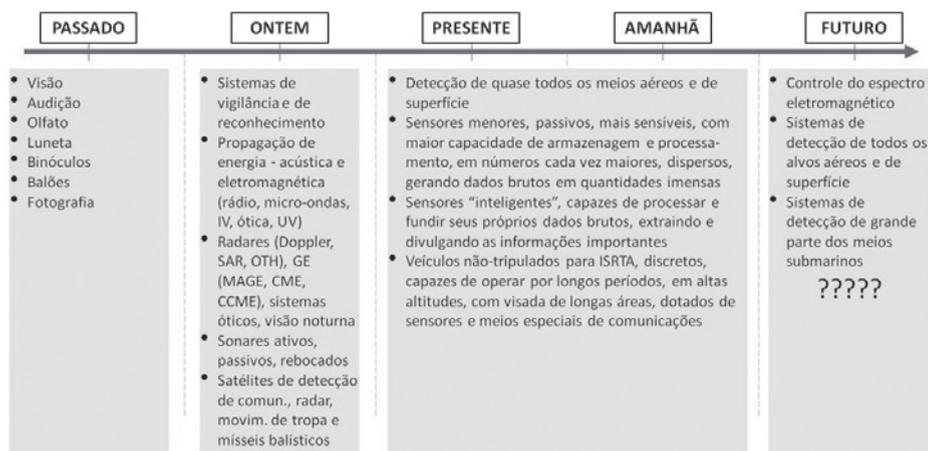
Veículos não tripulados, aéreos, terrestres, marítimos e submarinos,

estão sendo produzidos e lançados para as diversas operações de inteligência, busca, reconhecimento e designação de alvos (ISRTA). Possuem características especiais e inéditas de discriminação, durabilidade e resiliência, com capacidade para operar por longos períodos, cobrindo largas áreas, apoiados por amplas redes de comunicações.

A Figura 1 tenta dar uma ideia da evolução da função Sensoriamento. Para o futuro, apesar das incertezas, estima-se o desenvolvimento de sensores e sistemas capazes de detectar todo e qualquer alvo de superfície ou aéreo, por menor e mais discreto que seja. A detecção de todo e qualquer alvo submarino ainda desafia as previsões.

A detecção de todo e qualquer alvo submarino ainda desafia as previsões

⁵ CNN em “A Timeline on the Iraq War”, 2005. Disponível em: <<http://www.cnn.com/SPECIALS/2003/>>.

Figura 1 – Evolução da Função Sensoriamento

A EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO PROCESSAMENTO

O processamento e as telecomunicações associadas, assim como o sensoriamento, não utilizaram tecnologia significativa para melhorar a troca de informações e o processo de tomada de decisão até o final da Revolução Científica (1750). A melhor tecnologia empregada desde os primórdios foi a cartografia (tecnologia militar de impacto desenvolvida pelos sumérios por volta de 2.500 a.C.)⁶, que não estava acoplada a nenhum equipamento militar, mas enriquecia, com seus mapas, o funcionamento das equipes de decisão e auxiliava o posterior trabalho de posicionamento.

Nas Guerras Napoleônicas, os sinais visuais eram o principal meio de comunicação entre unidades de combate, com prevalência de flâmulas e bandeiras. O então revolucionário meio de comunicação e controle adotado pela inteligência criativa de Napoleão foi o emprego do estado-maior acrescido de um serviço de

“ordens”. O oficial de ligação, responsável por esse serviço, atuava como um mensageiro capacitado a modificar o conteúdo de uma ordem em face da realidade do campo de batalha.

Na Primeira Guerra Mundial, a telefonia e o telégrafo vieram prestar uma contribuição significativa para as comunicações, sem, no entanto, provocar alterações sensíveis na estrutura e no funcionamento do Estado-Maior.

Na Segunda Guerra Mundial, a radiofonia trouxe reflexos profundos às comunicações, aumentando a distância e o número de pessoas atingidas pela difusão da informação e das ordens. O espectro eletromagnético começava a ampliar suas contribuições para a evolução das funções de combate, atingindo também o processamento.

Novamente, como ocorreu com os sensores, as Guerras do Golfo foram o palco de uma enorme explosão nos meios de processamento. Este fato é tão importante que a arte da guerra presencia o início de

6 “Quem Inventou a Cartografia”. Disponível em: <<https://www.estadosecapitaisdobrasil.com/duvidas/quem-inventou-cartografia>>.

um processo de reformulação estrutural e operacional do Estado-Maior.

Agora os sensores instalados em aviões, satélites e veículos remotamente pilotados podem transmitir instantaneamente informações para os estados-maiores nos diversos níveis. Os múltiplos dados podem ser acumulados, tratados e atualizados em processadores pequenos, rápidos, de grande capacidade, e ser apresentados, em tempo real, para tomada de decisão. Este processo é acelerado pelo uso de simuladores de cenários realistas, geradores de consciência situacional, e pela exploração de jogos de guerra, permitindo a previsão de desenlaces prováveis da batalha. Em baixos tempos de reação, os atuadores podem conhecer a decisão a ser implementada.

A Figura 2 ilustra a evolução da função Processamento. Para o futuro incerto, espera-se enorme incremento na velocidade e na capacidade de processamento, por meio de computadores quânticos, e a criação de nuvens repletas de recursos de comunicações, acessíveis a todos os meios em combate, prontas para o enfrentamento eletromagnético e cibernético⁷.

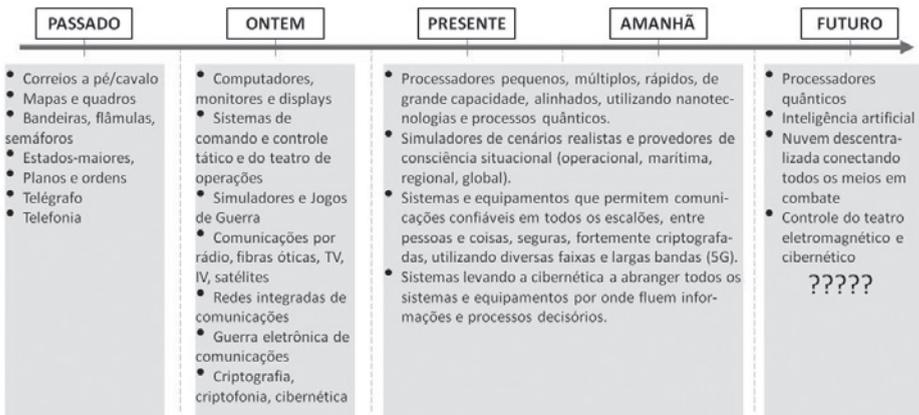
A EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO POSICIONAMENTO

A função posicionamento engloba um sem-número de atividades ligadas à movimentação dos meios de combate, ao estabelecimento e à utilização de bases e estações, ao desenvolvimento, projeto e construção de meios navais, terrestres e aeronáuticos e à propulsão, geração e distribuição de energia, navegação e estabilização desses meios e de seus sistemas de armas.

No passado, as tropas se deslocavam em marchas muitas vezes prolongadas, vencendo obstáculos como rios, mares, montanhas e florestas. Próximo ao enfrentamento, utilizavam as informações disponíveis para selecionar a posição mais favorável ao combate ou à preparação de surpresas e emboscadas.

As plataformas idealizadas para o combate sofreram uma longa evolução, desde as primeiras carruagens sumérias e os primeiros barcos egípcios de guerra, passando pelos “navios de linha” das Guerras Napoleônicas, como o HMS *Victory*, pelos “super-dreadnoughts” (navios encoura-

Figura 2 – Evolução da Função Processamento



7 Jerz, J. L., em “Cybernetics”, 2011. Disponível em: <<http://mysite.verizon.net/vzes4a6/current>>.

çados e armados com canhões de grosso calibre) da Primeira Guerra Mundial, pelos tanques, cruzadores pesados, porta-aviões e submarinos da Segunda Guerra, até os modernos submarinos de propulsão nuclear, os aviões supersônicos de combate e os veículos aéreos, navais e terrestres não-tripulados dos tempos atuais.

O posicionamento geográfico e a navegação evoluíram bastante, especialmente nas últimas décadas do século XX. A navegação oceânica, incapaz de enxergar pontos referenciais na superfície terrestre, valeu-se inicialmente da astronomia para confeccionar cartas e livros de navegação. O sábio grego Hiparco⁸, em 150 a.C., ao criar o astrolábio, viabilizou a navegação astronômica. A bússola, o sextante, as cartas náuticas e os

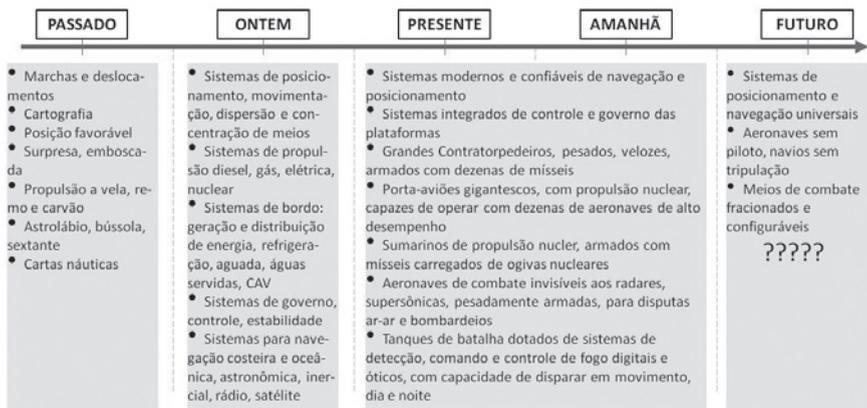
portulanos (roteiros descritivos de viagens) deram um forte impulso à navegação.

Durante a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos da América (EUA) inovaram com o desenvolvimento de sistemas de radionavegação, o sistema Loran⁹. Em 1978, entrou em operação o sistema de navegação de uso universal, o Sistema Global de Posicionamento (GPS)¹⁰, baseado em emissores localizados em satélites geoestacionários, seguido dos sistemas dele independentes, como os de navegação inercial e de seguimento do terreno.

Para o futuro, como mostra a Figura 3, estima-se o estabelecimento de sistemas universais de posicionamento, navegação e comunicações, favorecendo a utilização de aeronaves sem piloto e de navios sem tripulação.

Para o futuro estima-se o estabelecimento de sistemas universais de posicionamento, navegação e comunicações, favorecendo a utilização de aeronaves sem piloto e de navios sem tripulação

Figura 3 – Evolução da Função Posicionamento



8 Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hiparco>>.

9 Sato, J. O., em “O Sistema Loran”. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LORAN>>.

10 Paz, S. M. e Cugnasca, C. E., em “O Sistema de Posicionamento Global e suas Aplicações”. Disponível em: <<http://www.lps.usp.br/lps/arquivos/grad/dwnld/apostilaGPS.pdf>>.

A EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO ATUAÇÃO

Desde o porrete, a primeira ferramenta de combate, os armamentos atendem prioritariamente à função atuação. Na Antiguidade, arco e flecha, dardos, lanças, machados, martelos e armas brancas foram sendo desenvolvidos, e os contingentes começaram a se organizar em grupos de arqueiros, lanceiros, infantes, cavaleiros. Nas Guerras Napoleônicas, os atuadores ainda eram rudimentares e, para uso pessoal, havia espadas, pistolas, bacamartes e carabinas. O maior poder de fogo era conferido à artilharia de alma lisa, que atirava sem precisão até distâncias de um quilômetro. A cavalaria constituía importante atuador, mantido em reserva, pronto para ser empregado para a decisão do combate.

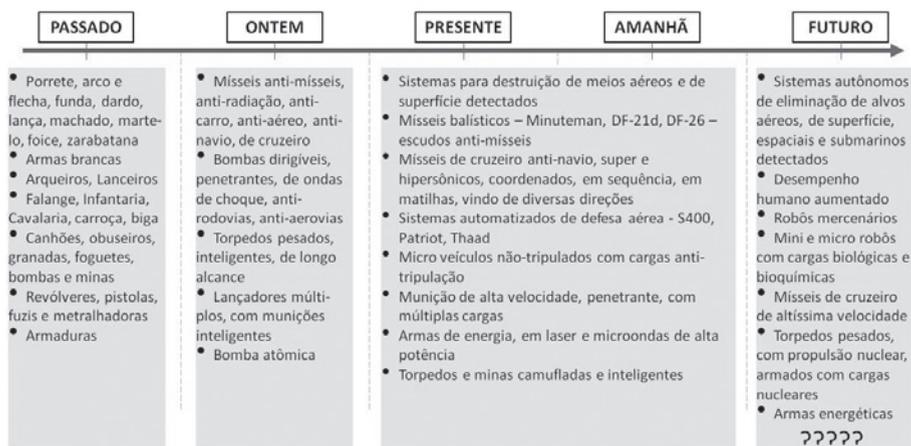
Na Primeira Guerra Mundial, um importante avanço tecnológico se fez sentir. A metralhadora mudou a feição do combate, fazendo com que o poder de fogo preponderasse sobre o movimento. Isso veio originar a “guerra de trincheiras”. Outros atuadores dessa época foram: a artilharia de alma raiada (com uma pre-

cisão sensivelmente melhorada e batendo alvos a distâncias de até seis quilômetros), a mina de contato, o torpedo submarino e as bombas e foguetes.

Na Segunda Guerra Mundial, o principal atuador convencional foi o carro de combate – que já havia aparecido timidamente na Primeira Guerra Mundial –, vindo a conferir enorme mobilidade ao combate e dando origem à “guerra de movimento”, caracterizada pela famosa *blitzkrieg* (guerra relâmpago) alemã. Além disso, a tecnologia militar produziu o míssil balístico, as armas submarinas, os aviões de caça e bombardeiro, o porta-aviões, o lançador múltiplo de foguetes e a força aeroterrestre. A bomba atômica representou um poder de fogo de enorme capacidade letal e contra o qual não se dispõe de proteção.

Nas Guerras do Golfo, um rol enorme de equipamentos veio, mais uma vez, caracterizar o crescimento exponencial da tecnologia militar: os mísseis – antimíssil, antirradiação, anticarro, de cruzeiro e ar-superfície; as bombas – de onda de choque (óxido de etileno líquido), penetrante (para alvos enterrados), guiadas e antirrodovias;

Figura 4 – Evolução da Função Atuação



lançador múltiplo automático de foguetes; artilharia 155 mm autopropulsada (40 km); o armamento do avião multifunção (caça e bombardeiro) com aviônica para combate noturno e em qualquer tempo; os recursos de ataque do avião “invisível” ao radar de micro-ondas, do helicóptero de ataque e do veículo de combate de infantaria; e os equipamentos de guerra eletrônica, para negar ao inimigo a livre utilização do espectro eletromagnético – analisadores do ambiente eletromagnético, interferidores e dissimuladores.

A Figura 4 apresenta um resumo da evolução da função Atuação, prevendo o uso de robôs mercenários, de armas energéticas, de mini e microrrobôs carregados de armas biológicas e bioquímicas, e a entrada em operação de torpedos de alta velocidade, com propulsão nuclear, armados com cargas nucleares.

A EVOLUÇÃO DA FUNÇÃO LOGÍSTICA

Na Antiguidade, as atividades logísticas nasceram com os exércitos. Os deslocamentos de milhares de homens por centenas de quilômetros demandavam o transporte de uma cauda de apoio que incluía carroças, armas de reserva, reequipamentos, alimentação e até “vivanadeiras” – mulheres que acompanhavam as tropas em marcha, vendendo ou não mantimentos. Muitas vezes, no entanto, as tropas em marcha se sustentavam com a pilhagem e a expropriação dos bens dos que, desafortunadamente, se encontravam em seu caminho.

Construções destinadas à concentração e ao apoio de tropas vêm sendo utilizadas

desde a Antiguidade. Segundo alguns historiadores, os soldados e marinheiros de Sun Tzu já eram “aquartelados”, e a Grande Muralha da China pode ser vista como um enorme agrupamento de quartéis de infantaria e cavalaria. As primeiras bases ou fortalezas com as funcionalidades organizacionais atuais, isto é, sem o necessário perfil ou forma tradicional de castelos ou grande muralhas, foram construídas em 1692 pelo general e estrategista Vauban¹¹.

As bases navais, aéreas e aeronavais são os pontos de apoio das forças armadas de um país. A noção de base naval é tão antiga quanto a de Marinha de guerra. Já em 412 a.C., os atenienses construíram, na Ilha de Quios, um porto dedicado à sua frota de guerra. Roma dispunha de uma rede de bases navais em todo o Mediterrâneo. A partir do século XV, a grande expansão marítima portuguesa levou à criação da primeira rede mundial de bases navais, de apoio às rotas de navegação entre Portugal e os novos territórios; e no século XVI, outras potências, como a Espanha, a França, a Holanda e a Inglaterra, lançaram-se a expansões marítimas, criando a sua própria rede de bases ultramarinas. Segundo o almirante norte-americano Alfred Thayer Mahan, “é inútil armar navios se eles não dispuserem de base onde se possam apoiar”¹².

A história credita a Antoine-Henri Jomini¹³, um dos generais de Napoleão, o emprego da palavra logística pela vez primeira, ao defini-la como “a ação que conduz à preparação e sustentação das campanhas”. No final da Primeira Guerra Mundial, em 1917, o Tenente-Coronel Thorpe, fuzileiro naval norte-americano, escreveu importante livro que caiu no es-

11 Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sébastien_Le_Prestre_de_Vauban>.

12 Disponível em: <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Base_naval>.

13 Antoine-Henry Jomini, *World Biography Supplement*, vol. 32, Gale, 2005.

quecimento. O título era *Logística Pura: a ciência da preparação para a guerra*. O conceito do autor era de que a logística, a estratégia e a tática constituíam-se nos três pilares de sustentação da Arte da Guerra. Curiosa e coincidentemente, ao final da Segunda Guerra Mundial, em 1945, o Almirante Henry Eccles¹⁴, chefe da Divisão de Logística do Almirante Nimmitz, encontrou o livro jogado e empoeirado num canto e reconheceu que os EUA deixaram de economizar milhões de dólares por não terem seguido os ensinamentos de Thorpe.

A partir da Segunda Guerra Mundial, a logística passou a contribuir

para as atividades civis relacionadas com o transporte, a distribuição, a manutenção e a disponibilização de produtos e de obras. A logística ganhou os contornos de uma ciência “dual”, com aplicações nos campos civil e militar e,

na atualidade, ganhou muita importância. Para a base industrial de defesa de um país, a logística constitui a interface entre o setor produtivo militar e as Forças Armadas. No conceito de mobilização, a logística é responsável pela mobilização imediata, pela pronta resposta da base industrial de defesa às demandas de suprimento de materiais de emprego militar.

Quanto à logística militar na Guerra do Golfo, é preciso reconhecer a lição de que a especificidade técnica e a complexidade e diversidade de equipamentos de SPPoA impõem uma reformulação doutrinária. Os cinco escalões de manu-

tenção, empregados doutrinariamente, precisam ser repensados. Eles eram adequados quando a guerra era da época da Segunda Revolução Industrial e a tecnologia de base era a mecânica. O investimento para a realização do quarto e quinto escalões de manutenção, em toda a gama de materiais e equipamentos proporcionados pela atual tecnologia militar, atinge valores proibitivos.

A mobilização industrial era, por sua vez, facilmente realizada, pois uma fábrica de rádios para entretenimento podia ser adaptada para fabricar rádios de comunicação em combate, dado que os equipamentos de fabricação eram uni-

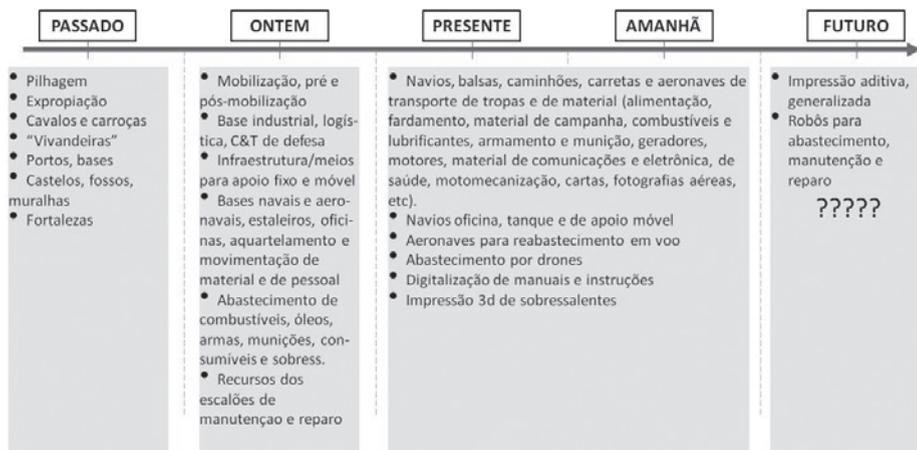
versais. Hoje, isso é impossível, pois os equipamentos de fabricação são todos dedicados, não podem ser adaptados para outro produto. Por outro lado, a mobilização industrial redundou na presença de fábricas de munição na retaguarda

das tropas aliadas no teatro de operações, no Oriente Médio. Esta atitude logística emprestou velocidade ao recompletamento dos estoques de munição. A nova logística militar, no entanto, demanda uma relação homem de apoio/combatente significativamente crescente, como consequência da complexidade e diversidade dos meios militares.

A Figura 5 apresenta uma visão de como a função Logística tem evoluído, estimando o uso futuro, generalizado, de robôs para abastecimento, manutenção e reparo, e da impressão aditiva com todo tipo de material de base, inclusive biológico.

**Para a base industrial
de defesa de um país,
a logística constitui a
interface entre o setor
produtivo militar e as
Forças Armadas**

14 Disponível em: <https://en.wikipedia/wiki/Henry_E_Eccles>.

Figura 5 – Evolução da Função Logística

AS FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E AS NOVAS TECNOLOGIAS

A evolução das funções tecnológicas do combate acompanha os avanços da ciência e da tecnologia, assim como o progresso das sociedades, a revolução das indústrias e o andar da economia. As tecnologias emergentes, reconhecíveis ao provocar as revoluções industriais, também influenciam no desenvolvimento de novos sistemas e equipamentos de combate para sensoriamento, processamento, posicionamento, atuação e logística.

A Primeira Revolução Industrial, iniciada pela mecanização da fição e tecelagem, teve sequência com o advento das máquinas operatrizes e do motor a vapor, entre outros. Essa mecanização provocou um enorme incremento na produção de produtos industriais e militares, como armas e munições.

Há pouco mais de cem anos, uma nova onda de tecnologias inter-relacionadas provocou a Segunda Revolução Industrial, caracterizada pela utilização da

eletricidade, do rádio, da televisão e dos motores de combustão interna, modernizando navios e viaturas de combate e desenvolvendo as aeronaves.

No passado recente, já avançando no presente, a computação digital e a teoria da informação passaram por avanços revolucionários, e a capacidade de armazenar, processar e transmitir informações com rapidez e segurança deu margem à Terceira Revolução Industrial. Foram criados novos sistemas e equipamentos, e alteradas substancialmente a economia, a forma de produzir e de prestar serviços e as maneiras de conduzir a guerra.

No momento, presenciamos o aperfeiçoamento de tecnologias antes consolidadas e o aparecimento de poderosas tecnologias emergentes, que se conectam e se beneficiam mutuamente e que causarão radicais mudanças na forma como sentimos, comunicamos, processamos, produzimos e combatemos. Essas tecnologias e suas interações são verdadeiramente disruptivas e estão dando origem ao que está sendo chamado de Quarta Revolução Industrial.

Os avanços estão concentrados em novas tecnologias de armazenagem de dados, de computação e de registros distribuídos, na internet das coisas, na inteligência artificial, na robótica, na produção de novos materiais e produtos químicos, na impressão aditiva, na biotecnologia, na neurotecnologia, na realidade virtual e aumentada, na captura e transmissão de energia, na geoengenharia e nas tecnologias espaciais¹⁵.

Certamente, as guerras do futuro serão influenciadas por essa enorme variedade de novas tecnologias. Estão em desenvolvimento, e a poucos passos do uso operacional, tecnologias surpreendentes, como as de aumento do desempenho humano em combate, de construção de redes e sistemas resistentes a invasões cibernéticas, de controle do espectro eletromagnético, de navegação precisa em ambientes onde a utilização de sistemas tipo GPS seja impossível, de mísseis de cruzeiro de altíssima velocidade, de armas energéticas, de meios de combate fracionados e configuráveis e de veículos aéreos, terrestres, navais, submarinos e anfíbios crescentemente autônomos e de alto desempenho.

Com o uso dessas novas tecnologias, o combate futuro está convergindo para o emprego operacional, cada vez mais frequente, dos recursos de robotização – com a substituição de funções originalmente realizadas pelo homem pelas mesmas funções realizadas pela máquina – e de automação – com a realização das funções tecnológicas do combate sem

a interferência do homem, mediante o emprego automático do sensoriamento, do processamento e/ou da atuação.

A guerra do futuro deverá mostrar ao mundo o mais avançado sistema de armas já concebido. O atual nível de conhecimento tecnológico militar conduz ao desenvolvimento do Sistema dos Sistemas, vulgarmente chamado de Sistemão, que consiste na reunião tecnológica e operacional de todos os sistemas de combate presentes no teatro de operações. Tudo isso controlado e comandado por meio de uma imensa rede de comunicações, apoiada num enorme banco de dados e integrada por múltiplos e robustos com-

putadores, realizando o tratamento dos dados para orientar a atuação de homens e máquinas em todos os escalões.

O desenvolvimento e a disponibilidade dessas novas

tecnologias irão induzir o poder militar dos diversos países a adotar diferentes posturas, como: pensar mais em informações, e menos em sensores; mais em capacidades, e menos em plataformas; mais sistemas autônomos e distribuídos, e menos sistemas tripulados e concentrados; mais autonomia, e menos centralização; e mais estruturas adaptáveis, e menos rígidas.

A guerra do futuro deverá mostrar ao mundo o mais avançado sistema de armas já concebido

COMENTÁRIOS FINAIS

Neste artigo foi reapresentada a proposta de decomposição do combate em funções tecnológicas, identificadas por: Sensoriamento (S), Processamento (P), Posicionamento (Po), Atuação (A) e Logística (L). Em seguida, uma análise

15 Schwab, Klaus. *Aplicando a Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2018.

da evolução dessas funções foi realizada, com base no surpreendente progresso tecnológico que temos presenciado nesses últimos anos.

Propomos que os estudos e planos de médio e longo prazo sobre defesa, oriundos da área acadêmica, do setor industrial, do Ministério da Defesa e das Forças Armadas, ao serem elaborados

ou atualizados, levem em consideração essa decomposição do combate em funções tecnológicas.

Medidas como a acima sugerida podem contribuir para melhor integração entre os estudos e planos, além de proporcionar uma linguagem comum e um proveitoso entendimento entre estrategistas, soldados, técnicos e engenheiros.

 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<FORÇAS ARMADAS>; Apoio logístico; Defesa; Poder Combatente;