

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ESTRATÉGICOS INTERNACIONAIS**

FREDERICO LICKS BERTOL

**COMANDO E CONTROLE NO CONTEXTO DA DIGITALIZAÇÃO:
um estudo com base em modelagem computacional**

Porto Alegre

2018

FREDERICO LICKS BERTOL

**COMANDO E CONTROLE NO CONTEXTO DA DIGITALIZAÇÃO:
um estudo com base em modelagem computacional**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Estudos Estratégicos Internacionais.

Orientador: Prof. Dr. Marco A. C. Cepik

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Bertol, Frederico Licks

Comando e controle no contexto da digitalização:
um estudo com base em modelagem computacional /
Frederico Licks Bertol. -- 2018.

88 f.

Orientador: Marco Aurélio Chaves Cepik.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas,
Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos
Internacionais, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Modelagem e simulação computacional. 2. Comando
e controle. 3. Doutrinas militares. 4. Guerra
centrada em redes. 5. Digitalização. I. Cepik, Marco
Aurélio Chaves, orient. II. Título.

FREDERICO LICKS BERTOL

**COMANDO E CONTROLE NO CONTEXTO DA DIGITALIZAÇÃO:
um estudo com base em modelagem computacional**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Estudos Estratégicos Internacionais.

Orientador: Prof. Dr. Marco A. C. Cepik

Aprovada em: Porto Alegre, 15 de janeiro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Aurélio Chaves Cepik — Orientador
UFRGS

Prof. Dr. Érico Esteves Duarte
UFRGS

Prof. Dr. Eduardo Munhoz Svartman
UFRGS

Prof. Dr. Heraldo Makrakis
IFRS

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por ter fornecido tudo para que eu me dedicasse aos estudos.

Ao professor Zé Miguel Martins, por ter percebido e estimulado meu interesse nos estudos de segurança.

Ao professor Cepik, por ter me guiado e apoiado desde a graduação, muito além de suas responsabilidades como orientador.

À Helena, por ter estado ao meu lado até nos momentos que, de tão adversos, tornaram-se cômicos, como nossa temporada trágica lá no Rio.

Ao pessoal do CEGOV, tanto os da época do Campus do Vale quanto os que eu conheci mais recentemente no Campus Centro, por terem quebrado com a solidão do dia-a-dia de pesquisa.

[...] we will need something better than the broad brush of a misunderstood and improperly applied economic concept to justify large-scale investments in ubiquitous networking and large-scale network-driven military transformation. (GIFFIN; REID, 2003, p. 10)

[...] nós precisaremos de algo mais do que a pincelada de um conceito econômico mal compreendido e mal aplicado para justificar investimentos de grande escala em uma rede onipresente e em uma ampla transformação militar guiada pelo paradigma da rede (tradução nossa)

RESUMO

Este trabalho propõe uma discussão em torno dos impactos da digitalização sobre sistemas militares de comando e controle. A hipótese central é que o emprego intensivo de tecnologias digitais está associado a um maior risco de sobrecarga informacional nesses sistemas. Isso se aplica em especial às forças militares que adotaram doutrinas de viés tecnocrático, como a guerra centrada em redes. No primeiro capítulo, discutimos o contexto no qual nosso tema de pesquisa se insere, fazendo uma breve retrospectiva do processo de digitalização e também definindo alguns conceitos-chave. No segundo capítulo, em formato de artigo, apresentamos o modelo computacional que foi desenvolvido para simular o funcionamento de um sistema de comando e controle sob a condição de sobrecarga informacional. O artigo também reúne uma revisão crítica das abordagens sobre comando e controle, com ênfase na literatura sobre guerra centrada em redes. O terceiro e último capítulo traz algumas conclusões sobre o emprego da modelagem computacional como metodologia de pesquisa e o estado atual do debate sobre guerra centrada e redes.

Palavras-chave: modelagem e simulação computacional; comando e controle; doutrinas militares; guerra centrada em redes; digitalização.

**Command and control in the context of digitization:
a study based on computational modeling**

ABSTRACT

This work proposes a discussion on the impacts of digitization over military command and control systems. The central hypothesis is that the intensive deployment of digital technologies is associated to a greater risk of informational overload in those systems. This applies especially to military forces that have adopted doctrines with a technocratic bias, such as the network-centric warfare. In the first chapter, we discuss the context that encompass our research topic, making a brief retrospective of the process of digitization and defining some key concepts. In the second chapter, in form of article, we present the computational model developed for simulating the operation of a command and control system under the condition of informational overload. The article also contains a critical review on the command and control approaches, with emphasis on the literature about network-centric warfare. The third and last chapter brings out some conclusions regarding the use of computational modeling as a research method and the current state of the debate on network-centric warfare.

Keywords: computational modeling and simulation; command and control; military doctrines; network-centric warfare; digitization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desenho simplificado do ciclo OODA	28
Quadro 1 - Partes que compõem o Protocolo ODD	44
Figura 2 - Funções dos agentes conforme posição na cadeia de comando.....	45
Figura 3 - Encadeamento dos processos executados pelos agentes.....	46
Figura 4 - Sobrecarga informacional no ciclo de C2.....	48
Figura 5 - Os três aspectos de uma abordagem de C2.....	49
Figura 6 - Estrutura da cadeia de comando	52
Figura 7 - Tipos de estrutura de rede	53
Quadro 2 - Os cinco níveis de sistema de C2	53
Figura 8 - Interface do modelo no NetLogo	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da estrutura da cadeia de comando.....	59
Tabela 2 - Parâmetros utilizados nos experimentos	59
Tabela 3 - Resultados dos experimentos	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABM	Agent-Based Model [ver MBA]
C2	Comando e Controle
C3	Comando, Controle e Comunicações
C3I	Comando, Controle, Comunicações e Inteligência
C3IC	Comando, Controle, Comunicações, Inteligência e Computadores
C4I	Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência
CMA	Comando Militar de Aérea
EMCFA	Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
EUA	Estados Unidos da América
GAO	Government Accountability Office
GCR	Guerra Centrada em Redes
GIG	Global Information Grid [Malha Global de Informações]
MBA	Modelagem Baseada em Agentes
MD	Ministério da Defesa
NCW	Network-Centric Warfare [ver GCR]
OFT	Office of Force Transformation [Escritório de Transformação de Força]
ONU	Organizações das Nações Unidas
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
RAM	Revolução em Assuntos Militares
Sisfron	Sistema de Monitoramento de Fronteiras
SISMC ²	Sistema Militar de Comando e Controle
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol [Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet]
TI	Tecnologias da Informação
UML	Unified Modeling Language [Linguagem de Modelagem Unificada]
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WAN	Wide Area Network [Rede de Longa Distância]

SUMÁRIO

1	CONTEXTO.....	11
2	ARTIGO	22
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	A DOCTRINA DE GUERRA CENTRADA EM REDES	24
2.2.1	Breve Histórico das Abordagens sobre C2.....	25
2.2.2	Guerra Centrada em Redes	31
2.3	MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE SISTEMAS DE C2...43	
2.3.1	Apresentação geral	44
2.3.2	Conceitos de projeto	47
2.3.3	Detalhes.....	54
2.3.4	Experimentos e Análise dos Resultados.....	57
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
3	AGENDA DE PESQUISA.....	63
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE A — CÓDIGO EM NETLOGO	75

1 CONTEXTO¹

Ainda que o emprego de tecnologias digitais em combate tenha iniciado em meados do século XX, sua importância para a condução da guerra foi plenamente reconhecida somente após a Guerra do Golfo (1990–1991). Desde então, o fenômeno da digitalização passou a ocupar o núcleo do debate sobre conflitos armados, originando uma série de interpretações sobre a natureza da guerra contemporânea, como a Revolução em Assuntos Militares (RAM) e a Guerra Centrada em Redes (GCR).

Essas interpretações, que chamaremos de tecnocráticas, têm em comum a alegação de que o potencial das novas tecnologias digitais é subexplorado pelas forças militares contemporâneas. Recomendam, nesse sentido, que as tecnologias digitais irão revelar seu verdadeiro potencial somente através do abandono de pressupostos que tradicionalmente guiaram o pensamento militar, como o princípio de massa e a noção de que a dinâmica da guerra ocorre em vários níveis — estratégia, operações e tática. Entre as medidas geralmente associadas às interpretações tecnocráticas, incluem-se mudanças em direção à maior descentralização decisória e planificação da cadeia de comando.

A nosso ver, as interpretações tecnocráticas refletem uma perspectiva equivocada sobre o estudo da guerra, alienando seu principal elemento, que é o elemento humano de acordo com uma perspectiva clausewitziana. Por isso, apresentaremos neste trabalho um questionamento dos discursos teórico-doutrinários baseados na ideia de RAM, desafiando seu otimismo quanto às vantagens proporcionadas pelo emprego intensivo de tecnologias digitais. Deve-se ressaltar, no entanto, que nosso posicionamento não é contra o emprego das tecnologias digitais em si, seja por forças militares, órgãos policiais ou serviços de inteligência. O problema que estamos trazendo para discussão diz respeito a como as organizações se adaptam ao fenômeno da digitalização, para o bem ou para o mal.

Antes de apresentar nossa estrutura de pesquisa, falaremos um pouco mais sobre o fenômeno da digitalização, isto é, o emprego cada vez mais difundido de tecnologias que convertem dados do formato analógico para o digital². Sua importância advém da possibilidade

¹ Este trabalho foi estruturado de acordo com a Resolução nº 115/2014 da Câmara de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual dispõe: “a Tese, Dissertação ou Trabalho de Conclusão de Curso deverá conter, além do(s) artigo(s), os elementos identificatórios normatizados pelo Sistema de Bibliotecas da UFRGS, Introdução ao tema ou problema, contendo descrição geral dos objetivos e uma ampla revisão bibliográfica, bem como Considerações Finais, contendo síntese dos resultados gerais que serviram de base para as conclusões, e mais Referências Bibliográficas pertinentes à Introdução e ao capítulo final, além dos Anexos”.

² Em meados da Segunda Guerra Mundial, um membro do Comitê de Pesquisa em Defesa Nacional dos Estados Unidos sugere o termo “digital” para designar o novo sistema de controle de tiro empregado pela artilharia

de armazenar, transmitir e replicar uma grande quantidade de informação, seja imagem, som ou texto, de forma praticamente instantânea e sem perda de conteúdo³. A digitalização é o resultado de uma série de tecnologias em desenvolvimento desde o final do século XIX, incluindo tecnologias não tangíveis utilizadas na interação entre homem e máquina, como o código binário e as linguagens de programação.

O catalisador para que a digitalização deixasse de ser apenas um processo tecnológico para se tornar um fenômeno social surge na década de 1950, com a invenção do transistor e sua subsequente fabricação em massa como componente de circuitos integrados (*chips*). O transistor permitiu que tanto o custo de fabricação quanto o tamanho dos equipamentos baseados na tecnologia digital diminuíssem de forma consistente ao longo das décadas, uma tendência que foi apelidada de Lei de Moore⁴. Para entender a amplitude da disseminação de tecnologias digitais, basta apontar que no final da década de 1980, 1% da informação era armazenada digitalmente, ao passo que em 2014 era 99% (HILBERT; LÓPEZ, 2011).

Assim, a digitalização deu as bases para o que tem sido chamado de a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Informacional ou Revolução Digital. Esse novo período histórico é caracterizado pelo valor cada vez maior atribuído à informação em comparação a outros bens e ativos comercializáveis. Da mesma forma, a informação estaria se transformando no principal recurso de poder à disposição de organizações como empresas, órgãos governamentais, grupos de interesse e o próprio Estado. Autores como Keohane e Nye (1998), por exemplo, tornaram-se célebres por sua tese de que a informação seria a principal fonte de poder para os Estados na Era da Informação. Adicionalmente, existe um entendimento cada vez mais difundido de que a informação se tornou o elemento mais importante para as capacidades militares, sendo geralmente tratada como um multiplicador de força.

Independentemente de essas leituras estarem corretas ou não, elas geralmente denotam um claro otimismo sobre as virtudes da tecnologia digital, ofuscando seu lado negativo. Questões como ansiedade informacional⁵ e sobrecarga informacional representam problemas

antiaérea. A inovação estava na máquina que fornecia as coordenadas numéricas para a mira dos canhões. Essa máquina funcionava através de pulsos elétricos ao invés de procedimentos mecânicos (CERUZZI, 2012, p. 38).

³ Essa conversão pode ser aplicada tanto ao formato de armazenamento quanto ao formato do meio de transmissão. Snyder (1993, p. 75) cita como exemplo a voz humana, cuja fonte se apresenta em formato analógico, mas que pode ser transmitida sem modificações através da modulação em amplitude ou em frequência de um sinal de rádio analógico.

⁴ Em 1965, um dos fundadores da Intel — Gordon Moore — propôs a seguinte previsão a respeito do emprego de tecnologias digitais: a cada 18 meses os chips dobrariam sua capacidade de processamento sem sofrerem um acréscimo proporcional em seu custo de fabricação.

⁵ Ansiedade informacional é a discrepância entre a informação que um indivíduo precisa e a informação que ele acha que precisa. O indivíduo que se encontra nessa situação é induzido a coletar uma quantidade de informação muito acima do necessário, ficando, por conseguinte, sobrecarregado.

concretos tanto em nível organizacional quanto individual. Ignorar esses problemas é uma das principais fraquezas das atuais leituras sobre o fenômeno da digitalização, incluindo as interpretações sobre a digitalização da guerra, as quais se centram na contribuição das tecnologias de ponta para o desempenho em combate. Ademais, como aponta Martins (2008, p. 5), há uma tendência, em excluir a reflexão sobre como essas tecnologias se relacionam com o conteúdo sociológico da digitalização.

O núcleo do debate sobre a digitalização da guerra foi durante décadas a RAM, uma ideia formulada originalmente entre as décadas de 1970 e 1980 pelo general soviético Nikolai Orgarkov (DAVIS, 1997, p. 84). De acordo com Collins e Futter (2015, p. 2–3), a maior parte dos especialistas concorda que a discussão sobre RAM ganhou força ideológica nos Estados Unidos durante esse período, tendo como principais marcos o fim da conscrição, a reorientação da prioridade estratégica do Leste Asiático para a Europa e, sobretudo, a adoção da doutrina de Batalha AeroTerrestre em 1982 (ROMJUE, 1997, p. 16–21). A popularização do conceito de RAM deve ser entendida também como o resultado da mentalidade predominante no arcabouço de segurança nacional dos Estados Unidos a partir da década de 1960, o que é geralmente atribuído à figura de Robert McNamara. Segundo Martin van Creveld:

When Robert McNamara took over at the Pentagon early in 1961 the time of the so-called systems analysts seemed to have arrived. Most of them were trained as economists, and hence had experience with computer-based modeling and data processing. Confident of their own intellectual abilities, they tended to regard warfare as a game of skill⁶. (CREVELD, 2010)

Em caráter oficial, no entanto, a incorporação da RAM decorre em grande parte da atuação de Andrew Marshall, diretor do Escritório de Avaliação Líquida⁷ entre os anos 1973 e 2015. Marshall, apontado como o grande nome por trás do processo de modernização militar nos Estados Unidos, era um civil com mestrado em Economia e fortemente influenciado pelo pensamento de Friedrich Hayek⁸.

O ano de 1991 representa um marco para o debate sobre a RAM. Em primeiro lugar, a Guerra do Golfo foi tomada como prova de que as forças militares estadunidenses eram capazes de definir uma guerra com um número ínfimo de baixas graças ao emprego intensivo de

⁶ “Quando Robert McNamara assumiu o Pentágono no início de 1961, a era dos chamados analistas de sistemas parecia ter chegado. A maioria deles fora treinada como economistas e, por conseguinte, tinham experiência com modelagem baseada em computadores e processamento de dados. Confiantes em suas próprias competências intelectuais, eles tendiam a enxergar a guerra como um jogo de habilidade” (CREVELD, 2010, tradução nossa).

⁷ *Office of Net Assessment*, em inglês. Trata-se de um órgão governamental criado em 1973 por Richard Nixon para servir como uma espécie de centro de pesquisa interno do Departamento de Defesa dos EUA.

⁸ Economista conhecido por ser um dos principais defensores do liberalismo clássico (FRIEDRICH, 2018).

tecnologias digitais. Isso alimentou a crença de que seria possível alcançar rapidamente objetivos estratégicos através de algumas vitórias táticas decisivas. Em dezembro de 1991, com a dissolução da União Soviética, os Estados Unidos perderam seu principal rival em termos bélicos, o que contribuiu ainda mais para enfraquecer a importância do pensamento estratégico no país.

Esses eventos pareciam demonstrar que a RAM era um fato consumado. Nos anos restantes até o final do século XX, o discurso doutrinário esteve voltado ao mesmo objetivo: reorientar as forças militares dos EUA ao mundo pós-Guerra Fria, o que significava a ausência de um rival expressivo e a emergência de novos paradigmas corporativos. Mais ou menos nessa época, alguns autores começaram a defender a ideia de que a RAM não era um processo estritamente militar, mas antes fazia parte de um fenômeno que atingia a sociedade como um todo. O casal Toffler e Toffler, por exemplo, propôs critérios mais rígidos para determinar o que é uma RAM com base na sua relação com as revoluções tecnológicas de caráter produtivo:

[...] the term has been applied too generously. For example, war is said to have been revolutionized when Alexander the Great defeated the Persians by combining 'the infantry of the West with the cavalry of the East.' Alternatively, the word 'revolution' is often applied to technological changes — the introduction of gunpower, for instance, or the airplane or the submarine. Admittedly these produced profound changes in warfare. Surely they had enormous impact on subsequent history. Even so, they are what might be called sub-revolutions. They basically add new elements or create new combinations of old elements within an existing 'game'. A true revolution goes beyond that to change the game itself, including its rules, its equipment, the size and organization of the 'teams,' their training, doctrine, tactics, and just about everything else. It does this not in one 'team' but in many simultaneously. Even more important, it changes the relationship of the game to society itself. By this demanding measure, true military revolutions have occurred only twice before in history, and there are strong reasons to believe that the third revolution — the one now beginning — will be the deepest of all.⁹ (TOFFLER; TOFFLER, 1993, p. 31–32)

Eliot Cohen traz uma perspectiva similar ao sugerir que o impacto potencial de uma tecnologia emergente às vezes é sobre-estimado:

⁹ “[...] o termo tem sido aplicado com demasiada generosidade. Como exemplo, diz-se que a guerra foi revolucionada quando Alexandre, o Grande derrotou os persas ao combinar ‘a infantaria do Ocidente com a cavalaria do Oriente’. Ao mesmo tempo, a palavra ‘revolução’ é frequentemente aplicada a mudanças tecnológicas — a introdução das armas de fogo, por exemplo, ou o avião ou o submarino. Reconhecidamente, essas foram mudanças profundas na conduta da guerra. Certamente elas tiveram um enorme impacto sobre a história subsequente. Mesmo assim, elas são aquilo que poderíamos chamar de sub-revoluções. Elas basicamente adicionam novos elementos ou criam novas combinações a partir dos elementos antigos dentro de um ‘jogo’ já existente. Uma verdadeira revolução vai além para mudar o próprio jogo, incluindo suas regras, seu equipamento, o tamanho e a organização das ‘equipes’, seu treinamento, doutrina, táticas e praticamente tudo o mais. Isso acontece não em uma só ‘equipe’, mas em várias simultaneamente. Com base nessa medida exigente, as verdadeiras revoluções militares ocorreram apenas duas vezes antes na história, e há fortes motivos para acreditar que uma terceira revolução — a que está começando agora — será a mais profunda de todas” (TOFFLER; TOFFLER, 1993, p. 31–32, tradução nossa).

[...] the advent of nuclear weapons in the late 1940s and 1950 convinced some professionals that all military organizations would have to be radically restructured to accommodate the new weapons. As it turned out, however, only selected military organizations needed to adapt their tactics and structures to the new devices.¹⁰ (COHEN, 2002, p. 241)

Mais do que nunca, a digitalização da guerra parecia estar no centro das atenções por parte do arcabouço de segurança nacional dos Estados Unidos. Uma boa síntese das ideias predominantes no debate da época é fornecida por Arquilla e Ronfeldt (1997, p. 3):

In short, and for myriad reasons, the world is entering — indeed, it has already entered — a new epoch of conflict (and crime). This epoch will be defined not so much by whether there is more or less conflict than before, but by new dynamics and attributes of conflict. [...] The protagonists, and their attacks, will be more widely dispersed and more decentralized than ever before — and more surreptitious. Offense and defense will be blended. The temporal and spatial dimensions of conflict will at times be compressed, and at other times elongated. Disruption may often be the intended strategic aim rather than destruction. Nonstate actors, many of them transnational, will play roles as crucial as nation-state actors. Odd alliances may occur, notably between political and criminal and between state and nonstate actors. Often it will not be clear who is aiding whom or fronting for whom. Traditional hierarchical actors will lose many battles as well as entire wars to newly networked actors. [...] Curious combinations of premodern and postmodern elements will appear in antagonists' ideologies, objectives, doctrines, and organizational designs.¹¹

Tendo apresentado o contexto da pesquisa, passaremos agora para uma descrição de sua estrutura. Isso será feito em três partes. Primeiro, faremos uma conceptualização de nosso tema de pesquisa, que é o comando e controle (C2) no contexto da digitalização. Segundo, apresentaremos nossa metodologia, uma técnica de modelagem computacional chamada de modelagem baseada em agentes (MBA). Por último, traremos a justificativa e as motivações que serviram de base para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

¹⁰ “[...] o advento das armas nucleares no final da década de 1940 e na década de 1950 convenceram alguns profissionais de que todas as organizações militares passariam por uma reestruturação radical para acomodar os novos armamentos. No fim das contas, entretanto, somente determinadas organizações militares precisaram adaptar suas táticas e suas estruturas aos novos dispositivos” (COHEN, 2002, p. 241, tradução nossa).

¹¹ “Em resumo, e por inúmeras razões, o mundo está entrando — de fato, ele já entrou — em uma nova época de conflito (e crime). Essa época será definida não tanto por se haverá mais ou menos conflito do que antes, mas antes por novas dinâmicas e atributos do conflito [...]. Os protagonistas e seus ataques estarão mais amplamente dispersos e mais descentralizados do que nunca — e mais surreptícios. Ofensiva e defensiva serão misturados. As dimensões temporal e espacial do conflito serão às vezes comprimidas, e em outras vezes alongadas. Disrupção pode frequentemente ser o objetivo estratégico pretendido ao invés da destruição. Atores não estatais, muitos deles transnacionais, terão um papel tão crucial quanto os Estados-nacionais. Alianças estranhas podem ocorrer, notavelmente entre atores políticos e criminosos, e entre atores estatais e não estatais. Frequentemente não estará claro quem está auxiliando ou cobrindo quem. Atores com hierarquia tradicional perderão muitas batalhas, assim como guerras inteiras para atores recém conectados em rede [...]. Combinações curiosas de elementos pré-modernos e pós-modernos aparecerão nas ideologias, nos objetivos, nas doutrinas e no perfil organizacional dos antagonistas” (ARQUILLA; RONFELDT, 1997, p. 3, tradução nossa).

Na conduta da guerra, o C2 é o elemento mais afetado pela digitalização, tendo em vista que ele é responsável pela integração das demais funções de combate. Apesar de sua importância para a guerra contemporânea, o conceito de C2 é relativamente novo, tendo surgido poucas décadas atrás. De acordo com Coakley (1991, p. xvi), o conceito “[...] probably originated in an attempt to apply systems analysis, with its connotations of mathematical precision and efficiency, to command and other functions which directly support command”¹². Sob esse aspecto, o C2 já nasce atrelado a uma perspectiva teórica específica: a cibernética.

Mas o que exatamente é o C2? Acreditamos, assim como Crevelde (1985, p. 1), que o conceito de C2 — e suas variações — pode ser aplicado à conduta da guerra na mesma forma que as pessoas usam o conceito de gestão para descrever as diversas atividades executadas pela administração de uma empresa. Naturalmente, o C2 se diferencia tendo em vista que o objetivo de uma organização militar não é o lucro, um ponto que merece destaque devido à tendência das abordagens contemporâneas em adotar ideias importadas do mundo corporativo. De acordo com Lawson (1981, p. 6):

The ultimate purpose of a command control system derives from a higher national or political desire to maintain, or to change, the *status quo* in some geographic area. Unlike a management system, a command control system seeks to bend an unwilling, and often actively hostile, external environment to its desires.¹³

Definições mais operacionalizáveis podem ser encontradas em diversos documentos doutrinários das Forças Armadas do Brasil. Segundo o Manual de Campanha 10.205, por exemplo, o C2 representa o funcionamento de uma cadeia de comando e possui três aspectos:

- a) **a autoridade**, legitimamente investida, da qual emanam as decisões que materializam o exercício do comando e para a qual fluem as informações necessárias ao exercício do controle;
- b) **o processo decisório**, baseado no arcabouço doutrinário, que permite a formulação de ordens e estabelece o fluxo de informações necessário ao seu cumprimento; e
- c) **a estrutura**, que inclui pessoal, instalações, equipamentos e tecnologias necessários ao exercício da atividade de comando e controle. (BRASIL, 2015a, p. 14, grifo do autor)

¹² “[...] provavelmente se originou como uma tentativa de aplicar análise de sistemas, com suas conotações de precisão matemática e eficiência, ao comando e outras funções que o suportam diretamente” (COAKLEY, 1991, p. xvi, tradução nossa).

¹³ “O propósito final dos sistemas de comando e controle deriva de uma vontade nacional ou política elevada no sentido de manter, ou alterar, o *status quo* em uma determinada área geográfica. Em contraste com um sistema administrativo, um sistema de comando e controle busca submeter um ambiente externo resistente, e muitas vezes ativamente hostil, à sua própria vontade” (LAWSON, 1981, p. 6, tradução nossa).

Durante a Guerra Fria, a discussão sobre C2 esteve concentrada nos dois principais temas que preocupavam os Estados Unidos, a dissuasão nuclear e o equilíbrio convencional no *front* central da Otan. Em ambos os casos, havia uma ampla discussão teórica sobre o processo de tomada de decisão em nível estratégico que ocorreria na hipótese de guerra, seja ela nuclear ou convencional. O problema é que, como ambas só faziam sentido na presença de um rival, a dissolução da União Soviética significou também a dissolução desse debate.

Com a Guerra do Golfo, o C2 passou a ser considerado o núcleo das capacidades militares, tendo em vista que ele era responsável pela coleta e a transmissão de dados de combate, considerados as principais causas para o desempenho das forças militares dos Estados Unidos. No entanto, as discussões sobre C2 se tornaram cada vez restritas ao nível tático. Assim, embora o termo C2 sem dúvida tenha ganhado importância na literatura desde os anos 1990, os problemas relacionados ao exercício do comando e a coordenação das tropas passaram progressivamente para o segundo plano.

Isso pode ser constatado no acúmulo de letras ou números em torno da sigla original, como C3, C3I, C3IC, etc. Hoje, a proliferação de termos revela uma tendência a enxergar o C2 como um sistema de apoio, e não como o elemento central das operações militares. Ainda, referindo-se a outra tendência, Cropley, Sproles e Cook (2005) comentam que as tentativas de separar e dar significado isoladamente aos termos “comando” e “controle”, bastante comuns hoje em dia¹⁴, são infrutíferas. Nas palavras dos autores: “It is akin to asking someone who has never heard of Elvis Presley to make sense of the separate words comprising the compound word ‘rock and roll’”¹⁵.

Reconhecer o C2 como o elemento central das operações militares é fundamental para compreender a natureza humana da guerra. A esse respeito, Snyder (1993, p. 14–15) afirma: “Command is a human activity: the exercise of authority by one person over another. While command may be facilitated (and in some cases may only be possible) by the application of technology, the dominant characteristic of the command function is its human dimension”¹⁶. Assim, julgamos necessário oferecer uma crítica à visão tecnocrática predominante na literatura sobre C2, seja doutrinária ou acadêmica.

¹⁴ A doutrina militar estadunidense, por exemplo, divide o C2 entre a “arte” do comando e a “ciência” do controle.

¹⁵ “É como pedir a alguém que nunca ouviu falar de Elvis Presley para explicar em separado o sentido das palavras que compõem a expressão ‘rock and roll’” (CROPLEY; SPROLES; COOK, 2005, tradução nossa).

¹⁶ “Comando é uma atividade humana: o exercício da autoridade por uma pessoa sobre outra. Enquanto o comando pode ser facilitado (e em alguns casos é apenas possível) através da aplicação de tecnologia, a característica dominante da função de comando é sua dimensão humana” (SNYDER, 1993, p. 14–15, tradução nossa).

O foco de nossa crítica se coloca sobre a doutrina de GCR, a qual consideramos a principal abordagem doutrinária sobre C2 no século XXI. Na direção daquilo que acabamos de apontar sobre as visões contemporâneas para o C2, Wallace (2005) afirma: “The ‘network-centric’ concept introduces a dangerous temptation to shift responsibility for making military decisions from commanders to the systems themselves”¹⁷. Da mesma maneira, Blash (2003) aponta que o defeito mais fundamental da GCR é sua premissa de que a inteligência e a análise feitas por máquinas poderiam servir como um substituto superior ao trabalho atualmente executado por soldados.

Essas críticas se tornam especialmente relevantes considerando a influência que a GCR teve sobre a literatura e também sobre as doutrinas militares de alguns países. Um documento do Departamento de Defesa dos Estados Unidos afirma expressamente que a GCR constitui a resposta das forças militares daquele país à Era da Informação (USA, 2005, p. 3). No Brasil, a GCR foi adotada *ipsis litteris* pela Doutrina Militar de C2 e pelo Manual de Campanha C2 (BRASIL, 2006, 2015).

No entanto, cabe esclarecer que este trabalho não se opõe à noção de que o paradigma de rede traz benefícios ao desempenho das forças militares. Nossa crítica específica à GCR está nas suas hipóteses sobre consciência situacional, mais especificamente a alegação de que a quantidade de nodos na rede é um indicador válido de consciência situacional. Tentaremos demonstrar que uma rede densa pode colocar os indivíduos que compõem um sistema de C2 em uma situação de sobrecarga informacional. A razão para tanto estaria na discrepância entre a alegada capacidade de compartilhamento de dados proporcionada pela rede e a capacidade de processamento que o sistema de C2 tem à sua disposição. Nossa análise também incluirá outras questões envolvendo a doutrina de GCR, como alta demanda de infraestrutura necessária, dificuldades de interoperabilidade entre sistemas de C2, dependência em relação ao setor civil, vulnerabilidade a ataques cibernéticos e tendência ao microgerenciamento.

Passaremos, agora, para uma descrição de nossa metodologia de pesquisa. Embora o emprego da modelagem computacional não seja uma novidade nos estudos sobre conflito armado, ela permanece uma metodologia periférica. Por isso, julgamos necessário esclarecer, antes de tudo, qual é a contribuição possível da modelagem computacional para a pesquisa científica. Ela se situa em um meio-termo entre aspectos dedutivos e indutivos de uma pesquisa:

¹⁷ “O conceito ‘centrado em redes’ introduz uma tentação perigosa no sentido de transferir a responsabilidade por parte dos comandantes de tomar decisões militares para os sistemas em si” (WALLACE, 2005, tradução nossa).

Simulation, like deduction, starts with a set of explicit assumptions. But unlike deduction, simulation does not prove theorems with generality. Instead, simulation generates data suitable for analysis by induction. Nevertheless, unlike typical induction, the simulated data come from a rigorously specified set of assumptions regarding an actual or proposed system of interest rather than direct measurements of the real world.¹⁸(AXELROD, 1997, p. 4)

Aquilo que é, acima, descrito como uma vantagem, por outro lado representa uma das principais limitações da modelagem computacional como metodologia de pesquisa. Nas palavras de Pepinsky (2005, p. 377), “The data collected from a simulation necessarily reflect the theory that the simulation is designed to test, and cannot then serve to test the ‘empirical validity’ of the theory itself”¹⁹. Devemos reconhecer que esse alerta também se aplica em sentido oposto, isto é, a simulação não é adequada à refutação da validade empírica de uma determinada teoria.

Isso não significa, porém que a modelagem computacional não possa contribuir para a construção ou refutação de teorias. Na medida em que reproduz os mecanismos básicos dessas teorias, a modelagem computacional nos proporciona meios para investigar possíveis erros de raciocínio em sua formulação, sem precisar necessariamente passar pela validação dos dados empíricos. Por esse motivo, é necessário deixar claro que o compromisso da modelagem computacional não é refletir a realidade de forma objetiva, mas antes reproduzir seus aspectos essenciais, evidenciando os mecanismos que importam para a compreensão de um determinado fenômeno.

Experimentos anteriores sobre modelagem computacional de sistemas de C2 demonstram pouca preocupação com as considerações que acabamos de descrever. Os dois exemplos principais na literatura (DEKKER, 2006; PORCHE III; BRADLEY, 2006) carecem de uma descrição fundamentada sobre a ontologia das entidades que compõem o experimento. Isso é problemático tendo em vista que ambos experimentos se propõem a analisar a relação entre a rede e o desempenho em combate. Sob esse aspecto, nossa proposta é mais restrita, focando unicamente na relação entre o perfil da rede e o funcionamento do sistema de C2, dispensando a análise sobre como isso afetaria o desempenho combatente. Assim, o

¹⁸ “A simulação, como a dedução, começa com um conjunto de pressupostos explícitos. Mas ao contrário da dedução, a simulação não prova teoremas com generalização. Ao invés disso, a simulação produz dados adequados para análise por indução. Não obstante, os dados simulados vêm de um conjunto de pressupostos rigorosamente especificados no que diz respeito a um sistema de interesse real ou criado, e não da mensuração direta do mundo real” (AXELROD, 1997, p. 4, tradução nossa).

¹⁹ “Os dados coletados de uma simulação necessariamente refletem a teoria a qual a simulação foi projetada para testar, não podendo, assim, servir para testar a validade empírica da própria teoria” (PEPINSKY, 2005, p. 377, tradução nossa).

experimento torna-se mais simples e facilita-se a caracterização das entidades representadas no modelo.

Para desenvolver o modelo computacional, adotamos uma metodologia chamada MBA, a qual é indicada para o estudo de sistemas complexos. A principal vantagem da MBA em relação a outras abordagens de modelagem computacional está em sua ênfase sobre como propriedades aparentemente aleatórias em nível macro podem ser descritas como o resultado de processos ocorridos em nível micro. Tais “propriedades emergentes” seriam o resultado de uma cadeia de interações realizadas pelos agentes com base em regras muito simples de comportamento, mas que acabam ao todo resultando em um padrão bastante complexo. A MBA tem sido aplicada na investigação de temas como a segregação racial em cidades dos Estados Unidos, as dinâmicas por trás da radicalização da opinião política, a ocorrência de *lock-in* em mercados consumidores, entre outros (GILBERT, 2008, p. 6-14).

A construção de um modelo baseado em agentes envolve algumas etapas que tentamos seguir à risca. Procuramos incorporar ferramentas de modelagem conceitual que fossem ao mesmo tempo acessíveis e suficientemente avançadas para a pesquisa em ciências sociais. O resultado foi a incorporação de duas ferramentas: a) o Protocolo ODD²⁰, um *framework* que se propõe a servir de padrão para a modelagem conceitual de modelos baseados em agentes; e b) o NetLogo, um ambiente de desenvolvimento integrado²¹ dedicado à MBA. Uma ferramenta adicional de modelagem, a UML, serviu para organizar os algoritmos do modelo computacional, mas sua utilização não será descrita formalmente neste trabalho.

Finalmente, passamos agora para a apresentação da justificativa por trás de nossa pesquisa. Acreditamos que o C2 é nada menos do que a manifestação da vontade humana no emprego de forças militares como instrumento de violência organizada. Relegá-lo a um papel secundário nos estudos sobre conflitos armados significa ofuscar o aspecto de racionalidade humana imprescindível à conduta da guerra. Esse ponto é destacado por Proença Jr. e Diniz (1998) quando declaram que o C2 é um dos elementos essenciais em qualquer política de defesa, no mesmo grau que operações, adestramento, doutrina, aquisições e planejamento de campanha. Assim, a principal motivação por trás deste trabalho é assegurar que o debate acadêmico e as propostas doutrinárias sobre C2 mantenham o elemento humano no centro de suas considerações. Sob esse aspecto, adotamos uma perspectiva clausewitziana em oposição

²⁰Sigla para as três partes que compõem o Protocolo ODD: *overview* (visão geral), *design concepts* (conceitos de projeto) e *details* (detalhes).

²¹ Ambiente de desenvolvimento integrado é um tipo de programa que fornece ferramentas úteis aos programadores no desenvolvimento de *softwares*.

às perspectivas tecnológicas que, segundo Duarte (2012, p. 10), “[...] apontam soluções que, de fato, reificam o progresso tecnológico como um fim em si mesmo, e não de maneira instrumental para o fim da defesa”.

No Brasil, o C2 se beneficiou de investimentos na última década em projetos que acabaram gerando alguns resultados concretos com importância estratégica, como a consolidação dos módulos iniciais do Sisfron e a operacionalização do Programa C2 em Combate. Espera-se que a expansão desses e de outros projetos voltados ao C2 seja mantida. Um indicador favorável é o atual Plano Plurianual vigente, o qual insere o SISMC² como uma das prioridades orçamentárias para a defesa nacional (BRASIL, 2016). Em paralelo ao reconhecimento do C2 como foco de investimentos por parte do gasto em defesa, tem havido um esforço, sobretudo em nível do MD e do EMCFA, no sentido de atualizar a nossa doutrina para melhor refletir as tecnologias digitais que serão empregadas daqui em diante nos conflitos em que o Brasil fará parte. Parte desse esforço se manifesta através da adoção oficial da GCR através da Doutrina Militar de Comando e Controle e da Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2006, 2015b).

O capítulo seguinte reúne o resultado de nosso esforço de pesquisa em formato de artigo científico. Nele apresentaremos uma crítica geral à GCR com base nos principais argumentos apresentados pela literatura. Adicionalmente, faremos uma série de experimentos, com base no modelo computacional desenvolvido, sobre como a rede afeta o desempenho dos sistemas de C2. O terceiro e último capítulo, após o artigo, contém as conclusões gerais da dissertação e uma proposta de agenda de pesquisa.

2 ARTIGO

Modelagem e Simulação Computacional de Sistemas de Comando e Controle: uma análise crítica da doutrina de Guerra Centrada em Redes

Frederico Licks Bertol

Resumo: O risco de sobrecarga informacional é uma das principais preocupações associadas ao emprego intensivo de tecnologias digitais na conduta da guerra. Este artigo busca demonstrar que esse risco é especialmente presente nas forças militares que adotam doutrinas de viés tecnocrático, como a Guerra Centrada em Redes. Através de um modelo computacional, iremos reproduzir o funcionamento básico de um sistema de comando e controle. Os experimentos consistem em uma série de rodadas de simulações em que são modificadas algumas características organizacionais e também certos parâmetros como largura de banda e restrição de tempo. O principal indicador da simulação é uma medida de eficiência baseada no produto entre o tempo total transcorrido e a incerteza residual do sistema de comando e controle. No final do artigo, oferecemos algumas interpretações sobre os resultados desses experimentos preliminares.

Palavras-chave: modelagem e simulação computacional; comando e controle; doutrinas militares; guerra centrada em redes; digitalização.

Abstract: The risk of information overload is one of the main concerns related to the deployment of digital technologies in warfare. This article aims to demonstrate how this risk is present especially in military forces that adopt doctrines with a technocratic bias, such as Network-Centric Warfare. Using a computational model, we recreate the basic operation of a command and control system. The experiments consist in a series of simulations runs in which we change some organizational features, as well as a few parameters like bandwidth and time restriction. The main output of the simulations is a measure of effectiveness based on the product between the total elapsed time and the residual uncertainty of the command and control system. We conclude the article offering some interpretations on the results of these preliminary experiments.

Key-words: computational modeling and simulation; command and control; military doctrines; network-centric warfare; digitization.

2.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os estudos sobre a guerra têm dedicado uma atenção especial aos impactos da digitalização. Discute-se, por exemplo, o papel desempenhado por tecnologias digitais em combate. De acordo com a corrente majoritária, o emprego intensivo dessas tecnologias ofereceria tamanha vantagem a ponto de alterar a natureza da guerra, constituindo uma Revolução em Assuntos Militares (RAM). Essa perspectiva se tornou particularmente popular em alguns círculos do oficialato militar estadunidense, servindo de base para a principal doutrina desenvolvida pelo país na virada do século, a Guerra Centrada em Redes (GCR).

A doutrina da GCR parte do pressuposto de que forças militares conectadas em rede apresentam um desempenho superior em relação a forças militares tradicionais. Estar “centrado em redes” implica, nesse contexto específico, ter uma “[...] computer network based provision of an integrated picture of the battlefield, available in detail to all levels of command and control

down to the individual soldiers”¹ (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005). Além de sua ênfase em tecnologias computacionais, a GCR se distingue por apresentar um caráter híbrido de doutrina e teoria emergente da guerra, além de reivindicar ser aplicável a todos os níveis da guerra.

Há uma série de controvérsias relacionadas à doutrina da GCR que merecem atenção e serão discutidas ao longo deste artigo. Questões como as limitações do fator humano em termos de processamento de informações, a tendência ao microgerenciamento e a crescente vulnerabilidade dos sistemas de comando e controle militar frente à possibilidade de ataques cibernéticos são frequentemente ignoradas pelos defensores da GCR. Considerando que o Brasil adotou oficialmente a GCR através de documentos doutrinários recentes², a análise dessas questões passa a ser de extrema relevância para a defesa nacional.

Este artigo visa questionar um ponto em específico da proposta da GCR, qual seja a noção de que o aumento no fluxo de informações proporcionado pela rede leva necessariamente a um melhor desempenho do sistema de C2 em termos de agilidade decisória. Tentaremos refutar, portanto, que o número de conexões de rede à disposição dos indivíduos possa ser um indicador confiável de desempenho para as forças militares. Partindo do que já se conhece no setor civil e também nas experiências mais recentes das forças militares dos Estados Unidos, acreditamos que há evidências sólidas que nos autorizam a refutar a GCR, em parte ou integralmente. Em especial, tentaremos demonstrar que a doutrina da GCR não leva em conta as limitações do fator humano em termos de processamento.

Nossa análise sobre a doutrina da GCR se divide em duas partes. Primeiramente, faremos uma revisão crítica das abordagens teórico-doutrinárias sobre C2 desde meados do século XX. Tentaremos demonstrar que a doutrina da GCR foi influenciada por uma longa tradição em prol da descentralização decisória e com viés tecnocrático. Na mesma seção, descreveremos o contexto específico que levou ao surgimento da GCR no final da década de 1990 e abordaremos alguns aspectos especialmente controversos da doutrina, como a influência que ela recebeu de ideias corporativas e sua limitada evidência empírica.

Na segunda parte, faremos uma descrição do modelo computacional que foi desenvolvido para estudar o funcionamento de um sistema de C2 conforme os pressupostos da GCR. O modelo enfatiza o processo de coleta, processamento e transmissão de dados. Nosso

¹ “[...] provisão baseada em rede de computadores de uma imagem integrada do campo de batalha, disponível em detalhe para todos os níveis do comando e controle desde o soldado individual” (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005, tradução nossa).

² Nomeadamente, a Doutrina Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2006, p. 47) e a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2015b, p. 39).

intuito é demonstrar que, ao contrário do que a GCR afirma, estruturas descentralizadas de rede nem sempre proporcionam um melhor desempenho para os sistemas de C2. Na conclusão do artigo, faremos uma análise dos experimentos preliminares que realizamos com base no modelo computacional e retomaremos a crítica que elaboramos em torno da GCR.

2.2 A DOCTRINA DE GUERRA CENTRADA EM REDES

Neste trabalho, nos referimos à GCR como uma doutrina de C2, e não como uma teoria emergente da guerra, como preferem seus defensores (ALBERTS; HAYES, 2003, p. 98; USA, 2005, p. 3). A razão para tal é que não encontramos na GCR elementos de caráter explicativo que façam jus a uma teoria, apenas um conjunto de hipóteses extraídos de diversas áreas do conhecimento. Por outro lado, a GCR se encaixa no modelo proposto por Høiback (2011) para analisar doutrinas, o qual consiste em três aspectos fundamentais:

- a) a doutrina precisa de um elemento explicativo, preferencialmente na forma de teoria;
- b) a doutrina precisa ser capaz de influenciar a cultura militar, possuindo alguma relação com esta;
- c) a doutrina precisa ter algum viés compulsório e transformador.

No caso da GCR, seu elemento explicativo são teorias extraídas do mundo corporativo e das chamadas “ciências da complexidade”, como veremos a seguir. No que se refere ao aspecto da cultura militar, a GCR deve ser encarada como uma ramificação daquilo que chamamos de “paradigma McNamara”, caracterizado pelo viés tecnocrático e pela crença de que a ciência é capaz de dominar o campo de batalha. Finalmente, o viés compulsório e transformador da GCR é facilmente identificável na criação do Escritório de Transformação da Força, órgão do Departamento de Defesa dos EUA cuja única função era promover a GCR.

É importante também considerar os fatores que propiciaram o surgimento da GCR. Posen (1986) apresenta duas fontes de explicação possíveis para o surgimento de doutrinas: a primeira se refere às pressões externas — isto é, determinadas pela estrutura do sistema internacional — sobre a formulação da doutrina militar, enquanto a segunda enfatiza questões internas da burocracia militar, como as disputas orçamentárias entre as forças singulares ou a reivindicação de especialistas, em especial os oficiais da arma de comunicações e aqueles vinculados serviços de inteligência. Embora nossa análise sobre a doutrina de GCR não faça menção direta ao modelo de Posen, reconhecemos que as mudanças na estrutura do sistema internacional desde a dissolução da União Soviética acabaram influenciando o pensamento militar dos Estados Unidos, o que, naturalmente, impactou a elaboração de doutrina no país.

Quanto à segunda fonte de explicação, a revisão da literatura parece apontar indicar que ela não é adequada para explicar o caso da GCR, tendo em vista que uma das principais críticas a essa doutrina é o fato de que ela foi implementada nos EUA através de um processo top-down liderado por um civil, sem considerar as demandas das Forças singulares.

A ênfase de nossa análise, no entanto, se baseia em uma terceira fonte de explicação para doutrinas militares proposta por Sagan (2000), nomeadamente a cultura estratégica. Segundo o autor, as doutrinas podem ser explicadas de acordo com suas influências teóricas, as quais muitas vezes transcendem as fronteiras nacionais ou corporativas. Essas influências transcendem o pensamento militar do país, indo além até mesmo daquilo que reconhecemos como cultura organizacional. No final da década de 1980, Colin Gray definiu a cultura estratégica dos Estados Unidos a partir das seguintes características (GRAY, 1986):

- a) indiferença em relação à história;
- b) desmerecimento do papel da estratégia e, conseqüentemente, da política na guerra;
- c) viés jominiano;
- d) ênfase em soluções com base na técnica e na logística, ao invés de soluções provenientes da inteligência política e de uma boa visão operacional.

De acordo com Cepik e Martins (2014, p. 10), essas características permanecem na cultura estratégica dos Estados Unidos:

[...] a ausência de uma definição política sobre Grande Estratégia faz com que os Estados Unidos permitam que sua política externa e de segurança (PES) seja ditada por conceitos operacionais (tais como a Batalha Aeronaval, ou ASB), ou, pior, por critérios procedimentais, técnicos e táticos.

Faremos, a seguir, uma análise da cultura estratégica dos Estados Unidos com ênfase no C2. Começaremos por um breve histórico das abordagens teórico-doutrinárias sobre o C2 desde a Segunda Guerra Mundial, até chegar no surgimento da GCR.

2.2.1 Breve Histórico das Abordagens sobre C2

O C2 é fruto de um processo de “cientificação” da guerra que começa durante o século XIX na esteira da Segunda Revolução Industrial, mas somente se tornou pronunciado em meados do século XX. A experiência das Grandes Guerras Mundiais pode ser considerada o grande ponto de inflexão para esse processo ao apresentar desafios logísticos sem precedentes para as operações militares. O estudo da esfera das operações, por exemplo, surge nesse contexto, fruto da necessidade de resolver problemas de logística e de mobilidade em mais de

uma frente (GROSS, 2011, p. 2). Esses problemas muitas vezes exigiam um planejamento com meses de antecedência, mesmo em uma situação de mobilização nacional inteiramente voltada ao esforço de guerra. Era necessário, portanto, que houvesse tecnologias organizacionais adequadas a tamanho desafio.

Assim, o debate sobre C2 emergiu nos Estados Unidos do pós-2ª Guerra como uma forma de dar sentido ao caráter cada vez mais complexo e multidimensional dos conflitos armados (SINNREICH, 2008, p. 17; CREVELD, 1985, p. 1–5). Um dos principais temas desse novo debate era a comparação entre as diferentes estruturas organizacionais das forças militares que participaram das grandes guerras. Gross (2011, p. 1), por exemplo, indica o clássico debate sobre o desempenho da Alemanha durante a fase da *blitzkrieg*³.

Existe, ainda hoje, certa controvérsia sobre a origem, o significado e o emprego do termo *blitzkrieg*. A maior parte da literatura contemporânea parece concordar com a ideia de que o termo foi cunhado pela mídia dos países aliados para descrever as operações ofensivas da Alemanha na frente ocidental⁴. Outro ponto, menos esclarecido, é se a *blitzkrieg* deve ser vista apenas como um modo alemão de fazer a guerra, resultado da cultura militar e das experiências recentes do país na época da Segunda Guerra, ou se ela chegou a constituir um sistema normativo que nos autorize a chamá-la de doutrina. Na discussão a seguir, sustentaremos a primeira hipótese e rejeitaremos a segunda.

O princípio da *blitzkrieg* estaria em disseminar o caos no sistema de comando e controle do inimigo através da conjugação entre mobilidade tática e flexibilidade operacional. As divisões blindadas eram a ponta de lança e golpeavam a linha de frente da defesa com apoio da aviação de ataque. O comandante então realizava uma penetração em profundidade através de dois ou mais eixos, aproveitando brechas nas posições defensivas enquanto tropas paraquedistas eram depositadas em focos de resistência. O terreno conquistado era preenchido pela infantaria motorizada, de forma semelhante ao percurso da água em um declive. Quando os eixos atingiam a retaguarda do inimigo, o comandante unia as pontas em um círculo de envolvimento para cortar o acesso da defesa às suas reservas operacionais (KNORR JR., 1991, p. 46). Cada eixo do ataque era orquestrado por um grupo de combate, arranjos *ad hoc* criados a partir dos componentes orgânicos de uma divisão para executar uma missão determinada (KNORR JUNIOR, 1991, p. 54–55).

³ Guerra relâmpago, em alemão.

⁴ Para uma visão alternativa sobre a origem do termo *blitzkrieg*, ver: FANNING JR. (1997)

Os grupos de combate eram uma inovação da estrutura matricial adotada pelo Exército alemão com base em um conceito denominado *auftragstaktik*⁵, a primeira de muitas abordagens de C2 que propuseram a descentralização da tomada de decisão ao longo do século XX (FRANZ, 2004, p. 3). No *auftragstaktik*, os comandantes em nível estratégico estabeleciam as diretrizes gerais das missões, deixando os comandantes em nível tático livres para decidir qual seria o melhor curso de ação. A justificativa para essa autonomia estava no fato de que a comunicação entre níveis hierárquicos não conseguia acompanhar o ritmo acelerado da guerra de manobra, tornando necessária a distribuição de direitos decisórios para os comandantes situados na linha de frente.

De qualquer forma, é inegável que a *auftragstaktik* dependia de pelo menos dois requisitos para funcionar. O primeiro era uma formação intelectual compartilhada entre comandantes táticos, comandantes estratégicos e oficiais de Estado-Maior.

Um dos principais problemas em se discutir a *blitzkrieg* é que esse termo não constava em nenhum documento oficial da Alemanha. A *auftragstaktik*, por outro lado, aplicava-se estritamente à tática, o que nos leva a questionar se os alemães realmente possuíam alguma proposta doutrinária para a esfera das operações⁶. Tal questionamento é levantado por Naveh (1997, p. 122) quando sugere que a *blitzkrieg* representava o oposto de uma doutrina para a esfera das operações. Segundo o autor, ela era completamente dependente da execução impecável dos planos táticos, sem qualquer menção a um esquema que servisse para coordenar os esforços dentro de um teatro de operações caso algo desse errado. Além disso, outros autores apontam que as decisões tomadas pelo Estado-Maior alemão, sobretudo depois de 1938, revelam uma estrutura de comando incapaz de entender o vínculo entre operações e estratégia.

Nesse sentido, podemos afirmar que a *blitzkrieg* é uma doutrina fictícia, criada por uma nova geração de oficiais estadunidenses no pós-Guerra com base na reciclagem dos princípios táticos da *auftragstaktik* para dentro da esfera das operações e até mesmo da estratégia. Isso transparece através dos seus conceitos vagos como manobra, ataque, velocidade, iniciativa, autonomia, surpresa e aniquilação, os quais representavam as qualidades observadas no desempenho tático das tropas alemãs.

Também no Pós-2º Guerra, os estudos sobre C2 são impactados pela disseminação de abordagens holísticas ou neossistêmicas. A inovação por trás dessas abordagens, entre as quais

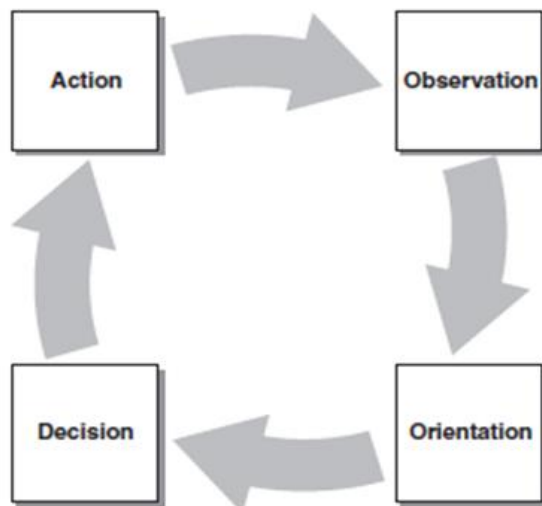
⁵ Tática orientada à missão, em alemão. Cabe mencionar que existe divergência na literatura sobre como tratar o conceito de *auftragstaktik*, isto é, se ele representa um estilo de comando ou uma doutrina por si só.

⁶ O termo "operações" apareceu pela primeira vez em um manual de campanha dos Estados Unidos de 1938, mas o reconhecimento da esfera operacional como um nível intermediário entre estratégia e tática será feito apenas em 1982, quarenta anos mais tarde (DAHL, 2002, p. 6).

se incluem a Cibernética (WIENER, 1948), a Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1968) e a Teoria da Informação (SHANNON, 1948), estava em sua tentativa de identificar propriedades comuns aos fenômenos estudados tanto pelas ciências da natureza quanto pelas ciências sociais.

A influência das abordagens neossistêmicas é evidente nos modelos que se tornaram clássicos para descrever o ciclo de C2 e o ciclo de inteligência (BUILDER; BANKES; NORDIN, 1999, p. 5)⁷. O mais conhecido desses modelos sistêmicos é o ciclo OODA⁸, elaborado pelo coronel-aviador John Boyd da Força Aérea dos Estados Unidos (Figura 1). A ideia de Boyd é que a chave para a vitória estaria em tornar o próprio ciclo OODA mais ágil em relação ao do inimigo, desestruturando assim sua capacidade decisória.

Figura 1 - Desenho simplificado do ciclo OODA



Fonte: Osinga (2007, p. 2).

De modo geral, *auftragstaktik* e ciclo OODA compartilhavam da mesma receita doutrinária, focada na agilidade decisória e na ideia de infligir caos ao inimigo. Outra característica em comum seria uma postura que poderíamos chamar de anticlauserwitziana, na medida em que promoveria a invasão do pensamento tático para dentro do pensamento estratégico. Para Orr (1983, p. 25), por exemplo, a proposta apresentada por Boyd em 1981 era uma tentativa de transpor “[...] the tactics he found so effective in aerial combat into an

⁷ Para exemplos do ciclo de C2, ver Orr (1983, p. 31–60) e Lawson (1981). Para um exemplo do ciclo de inteligência, ver Herman (1996, p. 285).

⁸ Observar, Orientar, Decidir e Agir.

encompassing theory of strategy”⁹. John Ferris segue a mesma interpretação, em tom mais crítico:

Boyd’s model, derived from his reflections on his experience as a fighter pilot in the Korean War, is a good means to conceptualise one-on-one combat. It is less useful for war. In a boxing match, speed may equal victory; in strategy, cries of ‘faster! harder!’ produce premature ejaculation. Focus on the OODA cycle, ‘sensors to shooters’, ‘one shot one kill’ weapons and the idea that armed forces can act almost without friction on near perfect knowledge, has led to a fetishisation of speed and the tacticisation of strategy.¹⁰ (FERRIS, 2004, p. 201)

A popularização do ciclo OODA ocorre em um momento único nos Estados Unidos no que diz respeito à sua cultura estratégica. A ressaca do Vietnã pressionava o governo estadunidense em direção à máxima higienização do seu envolvimento em guerras expedicionárias, o que significava diminuir ao máximo as baixas. O fim da conscrição, no entanto, só foi aceito diante de um contexto de elevado otimismo quanto à superioridade técnica e tecnológica das forças militares dos Estados Unidos. Esse otimismo tecnocrático era reforçado pelo ritmo acelerado de crescimento da indústria doméstica de tecnologias de informação, a qual viria a fornecer a infraestrutura por trás do soldado profissional estadunidense.

Murray (1997, p. 62) aponta na mesma direção ao sugerir que o momento pós-Guerra do Vietnã teria sido acompanhado por uma releitura do paradigma McNamara, isto é, “[...] a belief that American technological superiority will allow U.S. forces to achieve quick, easy victories over their opponents with relatively few casualties”¹¹. Tal paradigma não estava restrito apenas à valorização do papel da tecnologia ou do soldado profissional, mas continha também um conflito entre duas dinâmicas diferentes, a dinâmica da tática — preocupada com a manutenção do equilíbrio de forças no *front* central da Otan — e a dinâmica da estratégia, monopolizada pelo imperativo da dissuasão nuclear.

A década de 1990 trouxe três alterações que influenciaram a cultura estratégica nos Estados Unidos, sobretudo no que diz respeito ao C2. A primeira foi a Operação Tempestade

⁹ “[...] as táticas que ele achava serem tão eficientes no combate aéreo para uma teoria universal da estratégia” (ORR, 1983, p. 25, tradução nossa).

¹⁰ “O modelo de Boyd, derivado de suas reflexões sobre sua experiência como um piloto de caça na Guerra da Coreia, é uma boa forma para se pensar o combate um-a-um. Ele é menos útil para a guerra. Em uma luta de boxe, velocidade pode significar vitória; na estratégia, gritos de ‘mais rápido! mais forte!’ produzem ejaculação precoce. A ênfase no ciclo OODA, em ‘sensores para atiradores’, em armamentos do tipo ‘um tiro, uma morte’ e na ideia de que as forças armadas podem agir praticamente sem fricção com base em conhecimento quase perfeito têm levado à fetichização da velocidade e à taticização da estratégia” (FERRIS, 2004, p. 201, tradução nossa).

¹¹ “[...] uma crença de que a superioridade tecnológica dos Estados Unidos fará com que suas forças obtenham vitórias rápidas e fáceis sobre seus oponentes com relativamente poucas baixas” (MURRAY, 1997, p. 62, tradução nossa).

do Deserto, a qual foi considerada uma nova modalidade de guerra devido ao emprego intensivo de tecnologias digitais. A segunda foi o fim da bipolaridade, um evento que acabou minimizando a importância da estratégia e reforçou ainda mais a tendência à “taticização” das abordagens doutrinárias. A terceira, finalmente, foi uma mudança de paradigma científico que estava se estabelecendo gradualmente em diversas áreas de conhecimento, especialmente na física e na biologia. Nessas e outras áreas de conhecimento, as noções de não linearidade e de não determinismo começaram a ser aplicadas na pesquisa científica.

É nesse contexto que começaram a surgir trabalhos sobre conflito armado que mencionam a complexidade, um conceito cuja origem remonta ao estudo das propriedades matemáticas de sistemas dinâmicos não lineares (BOUSQUET; CURTIS, 2011, p. 44). Até o presente momento, a complexidade não possui um *status* científico bem definido, podendo se referir a:

- a) uma perspectiva epistemológica (BAOFU, 2007, p. 215; RICHARDSON; MATHIESON; CILLIERS, 2003, p. 17);
- b) um *framework* conceitual (WALBY, 2007, p. 456).

No primeiro caso, a complexidade é essencialmente um questionamento ao reducionismo científico e suas vertentes metodológicas (ANDERSON, 1972, p. 393). Porém, nos estudos sobre segurança e defesa, a segunda perspectiva é claramente predominante, o que significa que a complexidade é reduzida a uma série de jargões reciclados como emergência e auto-organização. Mesmo uma busca superficial revela que, apesar da vasta literatura sobre conflitos armados a mencionar o conceito, não há trabalhos que demonstrem um exemplo de aplicação prática da complexidade¹².

A principal razão para a inocuidade do conceito de complexidade, pelo menos no que diz respeito às interpretações que se restringem a um *framework* conceitual, está em sua similaridade com abordagens sistêmicas anteriores. Neil Johnson, por exemplo, define complexidade como o "[...] study of the phenomena which emerge from a collection of interacting objects"¹³ (JOHNSON, 2009, p. 3), uma noção que, além de vaga, é idêntica à proposta da cibernética clássica. No mesmo sentido, propriedades que são apresentadas como exclusivas de sistemas complexos, como irredutibilidade e retroalimentação (FURTADO; SAKOWSKI; TÓVOLI, 2015, p. 22), já faziam parte do *framework* conceitual da cibernética desde seus primórdios.

¹² Cf. Alberts; Czerwinski (1997).

¹³ "[...] estudo dos fenômenos que emergem a partir de um conjunto de objetos em interação" (JOHNSON, 2009, p. 3, tradução nossa).

Tanto a Complexidade quanto a Cibernética, ou mesmo a Teoria Geral dos Sistemas, sofreram releituras que extrapolavam a intenção original de seus formuladores. Essas releituras passaram a ser apresentadas como ferramentas capazes de explicar fenômenos de forma universal, independentemente do contexto a que se aplicam. Por conta disso, falharam em fornecer qualquer contribuição substantiva para a compreensão dos fenômenos sobre os quais se debruçaram. No entanto, isso não impediu que as abordagens neossistêmicas se tornassem dominantes no aparato de segurança nacional dos Estados Unidos, influenciando doutrinas militares e trabalhos acadêmicos.

A seguir, trataremos da GCR, a qual constitui o foco da revisão crítica que fazemos nesta seção. Descreveremos o contexto no qual a GCR surgiu, no final da década de 1990, para em seguida apresentar os pontos mais controversos da doutrina.

2.2.2 Guerra Centrada em Redes

É na década de 1990, após décadas de discussões e esforços voltados à formulação de doutrinas adequadas à virada do século, que surge a GCR. A primeira aparição do conceito está em um artigo de 1998 publicado por John J. Garstka¹⁴ e Arthur K. Cebrowski¹⁵. O casamento triplo entre complexidade, RAM e GCR¹⁶ foi aceito sem resistência pelo aparato de segurança nacional dos Estados Unidos. Isso decorre do fato de que o oficialato estadunidense estava acostumado ao emprego de terminologias pseudocientíficas no preparo de doutrinas militares, conforme vimos na seção anterior.

No caso da GCR, no entanto, o protagonismo da complexidade se evidencia no discurso dos defensores da doutrina, e mesmo de alguns de seus críticos. Por exemplo, Dahl (2002, p. 12) aponta que “the concepts of nonlinearity and chaos are particularly important to NCW, for they offer the promise that a relatively small force might, by exploiting that chaos, be able to defeat a larger enemy”¹⁷. Da mesma forma, Wilson (2007, p. 4) afirma que “[...] the command and control objectives of NCO [network-centric operations] seem to align closely with many

¹⁴ Diretor assistente no Escritório de Transformação de Força.

¹⁵ Almirante da Marinha dos Estados Unidos e ex-diretor do Escritório de Transformação de Força.

¹⁶ O vínculo entre complexidade e GCR é o tema central de um livro (MOFFAT, 2003) publicado pelo Programa de Pesquisa em C2 do Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

¹⁷ “[...] os conceitos de não linearidade e caos são particularmente importantes para a GCR, já que eles oferecem a promessa de que uma força relativamente pequena poderia, ao se beneficiar do caos, ser capaz de derrotar um inimigo maior” (DAHL, 2002, p. 12, tradução nossa).

of the key properties of complexity — nonlinear interaction, decentralization, and self-organization”¹⁸.

A premissa básica da GCR era a de que forças militares conectadas em rede apresentariam um desempenho superior em termos de processos e relacionamentos organizacionais (USA, 2005, p. 15). Nesse primeiro momento, a GCR era voltada à guerra convencional, embora algumas de suas propostas, como a expansão da importância dada às operações especiais, fossem consideradas radicais.

Com a posse de Rumsfeld como Secretário de Defesa na administração Bush, criaram-se condições ideais para que a GCR se concretizasse (FREITAS, 2015, p. 105). Nesse momento pré-Guerra ao Terror, o Departamento de Defesa adotou uma postura no sentido de romper a resistência de setores que ainda trabalhavam na mentalidade da Guerra Fria. Assim, Rumsfeld cria o Escritório de Transformação da Força, órgão diretamente submetido ao Departamento de Defesa, e indica Cebrowski como seu primeiro diretor. Naturalmente, o conceito de GCR acabou ocupando uma posição central no texto-base da transformação militar do país, o *Joint Vision 2020* (USA, 2000).

Os atentados de 11 de setembro de 2001 fizeram com que o combate ao terrorismo em nível global se tornasse, pelo menos no discurso, a principal hipótese de emprego da força militar estadunidense. Naquele instante, a GCR se encontrava em um limbo doutrinário: se de um lado ela propunha desde o início o emprego de grupos de operações especiais, do outro ela acabou sendo criticada por sua ênfase em cenários tradicionais, longe daquilo que na época se imaginava ser o combate ao terrorismo. Documentos posteriores, como os escritos por John Alberts¹⁹, denotam um esforço de manter certa ambiguidade doutrinária para incluir o terrorismo como uma das ênfases da doutrina.

Mas a Guerra ao Terror nos moldes da Doutrina Bush se revelou em grande parte uma campanha ofensiva contra países periféricos em moldes bem mais convencionais do que se havia inicialmente imaginado. Os resultados táticos iniciais da Guerra do Afeganistão reafirmaram a popularidade da GCR devido à eficácia no emprego de pequenas unidades de operações especiais. Mas foi somente com a Operação Liberdade do Iraque, em 2003, que a proposta foi estendida ao nível de grande unidade, isto é, a brigada blindada²⁰.

¹⁸ “[...] os objetivos de comando e controle das OCR [operações centradas em rede] parecem estar intimamente alinhados com muitas das propriedades-chave da complexidade — interações não lineares, descentralização e auto-organização” (WILSON, 2007, p. 4, tradução nossa).

¹⁹ Cf. Alberts e Hayes (2003).

²⁰ Mais especificamente a Stryker Brigade Combat Team (TOOMEY, 2003; GONZALES et al., 2005).

O desenrolar da presença militar estadunidense no Afeganistão e no Iraque acabou dissipando as ilusões da GCR quanto ao potencial ilimitado dos grupos de operações especiais, provando que, mesmo em pleno século XXI, o bom e velho “*boots on the ground*”²¹ continuava sendo o principal fator para consolidar a presença militar em um território invadido. Gradualmente, a defesa da GCR nos Estados Unidos adotou um caráter mais vago e abstrato, recuando em suas propostas mais radicais sobre a reestruturação das forças militares no contexto da digitalização.

Ao mesmo tempo, a doutrina de GCR foi replicada em diversos países além dos Estados Unidos, como Brasil, Dinamarca, Noruega e Países Baixos. Suas variantes também podem ser encontradas ao redor do mundo, como Defesa Baseada na Rede (Suécia), Capacidades Habilitadas pela Rede (Alemanha, Bulgária e Reino Unido), Operações Habilitadas pela Rede (Canadá), Guerra Habilitada pela Rede (Austrália), Comando e Controle Baseado em Conhecimento (Singapura) e Guerra Centrada em Informações (França)²².

Foi justamente a ambiguidade da GCR que permitiu que ela se consolidasse ao longo dos anos 2000, ao servir como uma doutrina guarda-chuva cobrindo tanto os cenários de guerra convencional quanto os de guerra assimétrica. Outra fonte de ambiguidade é a reivindicação de que a GCR abrangeria todos os níveis da guerra e, de acordo com alguns de seus proponentes, eliminaria as divisões entre eles. Nesse caso, trata-se de uma questão presente em discursos teórico-doutrinários que, como vimos, serviram de base para a GCR, como o *auftragstaktike* o ciclo OODA de Boyd.

As ambiguidades da GCR parecem não ter incomodado seus principais proponentes, a despeito das críticas que receberam. Erik Dahl, em especial, faz uma crítica à própria noção de conceito adotada por Arthur Cebrowski, o qual teria argumentado que “[...] only ‘working definitions’ can be provided because ‘network-centric warfare is a concept. As a concept, it cannot have a definition, because concepts and definitions are enemies. Concepts are abstract and general, while definitions are concrete and specific. Thus, if a concept can be defined, it is no longer a concept’”²³ (DAHL, 2002, p. 4).

²¹ Jargão militar usado para expressar a crença de que a vitória militar exige a presença de tropas em terra na zona de conflito.

²² Ver Garstka (2003), Bousquet (2007, p. 929) e Wilson (2007, p. 28).

²³ “[...] apenas ‘definições de trabalho’ podem ser fornecidas porque ‘a guerra centrada em redes é um conceito. Sendo um conceito, ela não pode ter uma definição, pois conceitos e definições são inimigos. Conceitos são abstratos e genéricos, ao passo que definições são concretas e específicas. Assim, se um conceito pode ser definido, ele não mais é um conceito’” (DAHL, 2002, p. 4, tradução nossa).

Hoje, diante da falta de clareza sobre seus aspectos cruciais, as interpretações sobre o conceito de GCR variam substancialmente. Guha (2011) as separa em duas vertentes, uma radical e outra conservadora²⁴. A primeira vertente corresponde à visão original de Cebrowski e Garstka de que a GCR é não apenas uma teoria da guerra, mas a principal teoria da guerra na Guerra da Informação (ALBERTS; HAYES, 2003, p. 98). Essa noção foi oficialmente endossada pelos EUA quando Cebrowski assume a direção do Escritório de Transformação da Força:

The working hypothesis of network-centric warfare (NCW) as an emerging theory of war, simply stated, is that the behavior of forces, i.e. their choices of organizational relationships and processes, when in the networked condition, will outperform forces that are not.²⁵ (USA, 2005, p. 15)

As interpretações mais conservadoras, por outro lado, encaram a GCR no máximo como um debate em torno das mudanças tecnológicas e institucionais trazidas pela digitalização da guerra. Nesse caso, a pretensão é estritamente doutrinária.

Although Cebrowski and Garstka described network-centric warfare as the ‘next revolution in military affairs,’ [...] network-centric operations might be better viewed as a technological evolution of the line-of-sight capability on which military operations have always depended.²⁶ (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005).

Já mencionamos previamente que a complexidade, um dos principais referentes teóricos para a GCR, apresenta um caráter científico pouco solidificado. Mesmo desconsiderando esse aspecto, acabamos nos deparando com o fato de que a própria interpretação que a GCR faz da complexidade é questionável. Scherrer, por exemplo, afirma que a GCR incorpora a ciência da complexidade de forma equivocada. “[...] NCW relies heavily on complexity science concepts like complex adaptive systems, self-organization, and network effects to support its proponents’ claims of decisive operational utility to the war fighter”.²⁷ (SCHERRER, 2003, p. 1)

²⁴ Biddle (1998, p. 3, nota 4) aponta que, no debate sobre RAM de então, havia uma escola que pregava uma mudança radical, composta em sua maioria por civis, e uma escola que pregava uma mudança incremental, composta em sua maioria por militares.

²⁵ “A hipótese de trabalho da guerra centrada em redes (GCR) na condição de teoria emergente da guerra, em poucas palavras, é que o comportamento das forças, isto é, suas escolhas de relacionamentos e processos organizacionais, quando conectadas em rede, superam o desempenho das forças não conectadas” (USA, 2005, p. 15, tradução nossa).

²⁶ “Embora Cebrowski e Garstka descrevam a guerra centrada em redes como a ‘nova revolução em assuntos militares’, [...] operações centradas em rede podem ser melhor descritas como uma evolução tecnológica da capacidade de linha-de-visão da qual as operações militares sempre dependeram” (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005, tradução nossa).

²⁷ “[...] a GCR depende fortemente de conceitos da ciência da complexidade como sistemas adaptativos complexos, auto-organização e efeitos de rede para sustentar as afirmações de seus proponentes quanto à sua utilidade operacional decisiva para o indivíduo combatente” (SCHERRER, 2003, p. 1, tradução nossa).

A principal inconsistência teórica da GCR, no entanto, decorre da influência que a doutrina recebe por parte de um conjunto de ideias surgidas durante a década de 1990 no meio corporativo dos EUA:

It is a 'basket' of ideas and theories, and as such appears to offer many of the same advantages and limitations as another such set of concepts that engaged and often frustrated many in the Department of Defense a few years ago: Total Quality Leadership (TQL), which was derived from the business concept of Total Quality Management. Much like TQL, NCW includes many good ideas, several debatable concepts and a great deal that strikes some military officers as little more than semi-scientific mumbo-jumbo.²⁸ (DAHL, 2002, p. 4)

Os próprios idealizadores da GCR, Arthur Cebrowski e John Garstka, deixam claro essa inspiração: “Network-centric operations deliver to the U.S. military the same powerful dynamics as they produced in American business”²⁹ (CEBROWSKI; GARSTKA, 1998). A crítica mais contundente ao viés corporativo da GCR, contudo, é fornecida por Giffin e Reid (2003). Os autores argumentam que o conceito se baseia em uma analogia frágil com Nova Economia, um paradigma que predominou na cultura empresarial estadunidense durante a década de 1990. Tanto a GCR quanto a Nova Economia se apoiariam em três premissas:

- a) Lei de Moore: a cada 18 meses, a capacidade dos semicondutores irá duplicar e seu preço cairá pela metade;
- b) Expansão da Internet: o mundo se tornará cada vez mais conectado;
- c) Lei de Metcalfe: o valor de uma rede aumenta em proporção ao quadrado do número de usuários conectados a ela.

O principal problema estaria na terceira premissa, a Lei de Metcalfe, a qual é geralmente invocada para explicar, por exemplo, por que o DOS da Microsoft teria vencido a guerra de sistemas operacionais contra o Macintosh da Apple (GIFFIN; REID, 2003, p. 5). Ao sugerir que seria possível quebrar com a lei de rendimentos decrescentes, pelo menos para as empresas do setor de TI, a Lei de Metcalfe se torna bastante popular no meio empresarial estadunidense. Embora essa previsão tenha sido amplamente contestada com o passar dos anos, a GCR a incorporou como pressuposto teórico:

²⁸ “É uma ‘cesta’ de ideias e teorias, e como tal aparentemente oferece várias das mesmas vantagens e limitações encontradas em outro conjunto de conceitos que mobilizou e frequentemente frustrou muitos no Departamento de Defesa alguns anos atrás: Liderança da Qualidade Total (LQT), a qual deriva do conceito corporativo de Gestão da Qualidade Total. De forma muito similar à LQT, a GCR inclui várias boas ideias, muitos conceitos discutíveis e um bocadinho que passa por alguns oficiais militares como pouco mais do que abobrinha semicientífica” (DAHL, 2002, p. 4, tradução nossa).

²⁹ “Operações centradas em rede fornecem às forças militares estadunidenses as mesmas dinâmicas poderosas que foram produzidas no ambiente de negócios dos EUA” (CEBROWSKI; GARSTKA, 1998, tradução nossa).

[...] for proponents of the NCW thesis, Metcalfe’s Law justifies the quest to place the maximum possible number of battlefield actors on one interconnected network in order to enjoy the military equivalent of the New Economy’s purported ‘increasing returns’.³⁰ (GIFFIN; REID, 2003, p. 15)

Ademais, a GCR parte de uma interpretação bastante vaga da Lei de Metcalfe, em contraste com seu significado específico em teorias econômicas. A analogia feita pela GCR é basicamente a seguinte: se, de acordo com a Nova Economia, o valor da rede é igual ao quadrado do número de nodos conectados, o mesmo deve se aplicar à guerra contemporânea. Assim, para a GCR, o poder da rede é igual ao quadrado do número de indivíduos conectados pela rede (GIFFIN; REID, 2003, p. 7–10).

Para os estudos de C2, é importante reconhecer que a Lei de Metcalfe tem sido mal interpretada pela GCR, pois ela leva ao risco de sobrecarga informacional (GIFFIN; REID, 2003, p. 15). Basta assumir que a quantidade de informação gerada na rede aumenta proporcionalmente ao número de usuários da rede. Os autores citam como exemplo a quantidade de resultados obtidos quando usamos um mecanismo de busca como o Google para pesquisar sobre um determinado assunto. Como a capacidade cognitiva do cérebro humano permanece a mesma, o aumento exponencial na quantidade de informação gera, necessariamente, uma tendência à sobrecarga informacional. Segundo Kamradt:

Compared to the 10s of gigabits per second that we might someday push across our networks, experts believe the limits of the human mind are far more restrictive. Experimentation indicates that while our senses take in huge amounts of information, consciousness processes only about 40 bits per second — at most. Additional research indicates that people are far less efficient at multitasking than was once believed. It seems trying to do several things at once or in rapid succession takes longer than doing them one at a time and may leave less brainpower to perform each task [...] The bottom line is that people are easy to overload.³¹ (KAMRADT, 2003 apud PORCHE III; WILSON, 2006, p. 5):

Agora, para entender como isso se aplica à nossa discussão, precisamos fazer uma breve descrição sobre o que significa operacionalizar a doutrina de GCR. A prática da GCR se dá na

³⁰ “[...] para os proponentes da tese de GCR, a Lei de Metcalfe justifica o objetivo de colocar o maior número possível de atores dentro do campo de batalha em uma mesma rede interconectada de forma a desfrutar do equivalente militar dos ‘rendimentos crescentes’ sugeridos pela Nova Economia” (GIFFIN; REID, 2003, p. 15, tradução nossa).

³¹ “Comparado com as dezenas de *gigabits* por segundo que talvez um dia nós seremos capazes de transmitir através de nossas redes, especialistas acreditam que os limites da mente humana são bem mais restritivos. Experimentos indicam que na medida em que nossos sentidos absorvem enormes quantidades de informação, a consciência processa somente em torno de 40 *bits* por segundo — no máximo. Pesquisas adicionais indicam que as pessoas são bem menos eficientes em multitarefa do que se acreditava até então. Parece que tentar fazer muitas coisas ao mesmo tempo ou em rápida sucessão pode diminuir a nossa capacidade intelectual para realizar cada tarefa. [...] O ponto principal é que as pessoas se sobrecarregam com facilidade” (KAMRADT, 2003 apud PORCHE III; WILSON, 2006, p. 5, tradução nossa).

forma de operações planejadas e executadas a partir de uma representação digital do ambiente, a qual é fornecida por uma rede computadorizada de alta capacidade (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005). Essa representação digital, ou teatro sintético nos termos de Martins (2008, p. 6), é construída por um programa de computador que processa os dados sobre o ambiente operacional e fornece ao usuário uma síntese das informações relevantes através de uma interface gráfica interativa.

Os dados que alimentam o teatro sintético são fornecidos em tempo real por sensores localizados em diversos níveis da estrutura organizacional, desde os olhos e ouvidos de cada indivíduo até os radares de longo alcance. A transmissão desses dados é direta ou semidireta, ou seja, qualquer sensor deve ser capaz de acessar a base de dados do teatro sintético e realizar o *upload* dos dados coletados. Isso implica em uma arquitetura de rede em que dois nodos possam estabelecer uma conexão a qualquer momento sem passar por uma instância hierárquica (PORCHE III; WILSON, 2006, p. 12)³².

De forma resumida, o soldado da GCR é como o usuário da internet que recorre a um mecanismo de busca como o Google. Em ambos os casos, cria-se a ilusão de informação abundante, mas a ausência de instâncias de filtragem faz com que a informação recebida seja, em sua grande maioria, de baixa relevância. Exige-se, então, um esforço expressivo para processamento até chegar finalmente nas informações úteis. A ausência de intermediário e a própria natureza da comunicação em redes descentralizadas também significa que é difícil assegurar a legitimidade das fontes de informação, ou seja, tanto o soldado quanto o usuário de internet acabarão consumindo um tipo de informação cuja origem não pode ser rastreada.

A incorporação de ideias corporativas por parte da GCR não envolve apenas a sobrevalorização da rede em detrimento do fator humano. Outra hipótese tirada do mundo corporativo diz respeito à redução de pessoal e corte de níveis hierárquicos. Segundo a GCR, a rede tornaria as forças militares tão eficientes que o país precisaria apenas de pequenas unidades, levando a uma redução dos custos totais em defesa (WILSON, 2007, p. 7). Essa é uma proposta equivalente ao *downsizing*, uma abordagem gerencial que se popularizou na década de 1990 ao prometer racionalização administrativa, isto é, aumentar a eficiência da organização ao mesmo tempo em que se cortavam gastos. Isso era feito através de duas medidas: corte de pessoal e eliminação de níveis hierárquicos, também conhecida como planificação organizacional.

³² Curiosamente, nossa Doutrina Militar de C2 rejeita essa noção, sugerindo um fluxo mais centralizado (BRASIL, 2006, p. 23-24).

O *downsizing* já deixou de ser considerado o estado da arte na prática administrativa, tendo hoje falhas bem documentadas. Nos Estados Unidos, por exemplo, a prática do *downsizing* trouxe demissões em massa de gerentes e o acúmulo de tarefas por trabalhadores na base da organização na medida em que eles adquiriam responsabilidades gerenciais sem qualquer contrapartida salarial (GOYAL; DESHMUKH, 1992). A incorporação do *downsizing* nas doutrinas militares contemporâneas pode ser observada nas mudanças drásticas impostas sobre os perfis de força da Rússia e, em menor grau, da China. Ambos países abandonaram o princípio de massa como critério norteador para os seus perfis de força e vêm se aproximando ao modelo da Otan. As mudanças mais importantes incluem a eliminação de níveis divisionários e sua conversão em brigadas de armas combinadas com alto nível de profissionalização e intensivas no uso de tecnologia³³. A China, por exemplo, reduziu seu efetivo em 1,7 milhão de militares entre os anos 1985 e 2005 (FISHER JUNIOR, 2008, p. 67). Já na Rússia, o corte foi ainda mais significativo: desde 2008, a força terrestre perdeu 30% de seu efetivo e 90% dos seus tanques foram desativados (THE MILITARY BALANCE, 2010; 2011).

Outro pressuposto teórico da GCR que deve ser questionado é a noção de que a rede leva necessariamente a uma maior descentralização decisória nos sistemas de C2:

Another claim that can be made with respect to NCW is that it obfuscates the division of command. By providing access to a detailed common picture at all strata of the command chain, the network-centric model encourages decision making at inappropriate levels. For example, a corps commander may be able to ‘zoom in’ on the situational picture at the platoon level, and, believing she has a correct view of the situation, give direct orders to the platoon leader. Not only does such micromanagement circumvent the normal command chain, potentially causing confusion at intermediate echelons, it also makes assumptions about the accuracy and legitimacy of the COP that [...] may not prove tenable.³⁴(BOLIA; VIDULICH; NELSON, 2006)

A própria história militar revela que avanços nas tecnologias de informação e comunicação acabaram muitas vezes induzindo os comandantes a exercer um C2 mais centralizado. Um precedente nesse sentido é o uso do rádio embarcado por parte das forças

³³ O Exército russo, por exemplo, converteu 203 divisões em 85 brigadas diretamente subordinadas aos comandos de área (NICHOL, 2011, p. 6).

³⁴ “Outra afirmação que pode ser feita no que diz respeito à GCR é que ela ofusca a divisão do comando. Ao fornecer acesso a uma imagem operacional compartilhada em detalhes para todos os níveis da cadeia de comando, o modelo centrado em redes encoraja a tomada de decisão em níveis inapropriados. Como exemplo, um comandante de corpo de exército pode ser capaz de ‘dar um zoom’ na imagem situacional em nível de pelotão e, acreditando ter em mãos uma visão correta da situação, dar ordens diretas para o líder do pelotão. Esse microgerenciamento não apenas passa por cima da cadeia de comando normal, potencialmente causando confusão em escalões intermediários, como também parte de suposições sobre a precisão e a legitimidade da imagem operacional compartilhada que [...] talvez não sejam sustentáveis” (BOLIA; VIDULICH; NELSON, 2006, tradução nossa).

blindadas da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial. Nesse caso, apesar da doutrina de *auftragstaktik*, cuja mentalidade era marcadamente descentralizadora, o emprego do rádio trouxe um efeito colateral, o qual fora a capacidade do Alto Comando alemão de intervir nos detalhes das operações (KEITHLY; FERRIS, 1999).

No caso da GCR, o risco de microgerenciamento é ainda maior pelo fato de que os sistemas de apoio ao comandante se tornaram mais sofisticados do que nunca, principalmente em níveis hierárquicos superiores. Sobre isso, Franz (2004, p. 11–12) alerta que a discrepância tecnológica entre os níveis operacional e tático é uma das principais causas da centralização do C2 na Era da Informação.

Embora esse aspecto não seja o foco deste artigo, devemos mencioná-lo por causa de suas implicações geopolíticas para os países periféricos. Em operações militares multinacionais, como as de manutenção da paz no âmbito da ONU, a existência de uma rede compartilhada reduziria a autonomia dos países que compõem uma coalizão (GIFFIN; REID, 2003, p. 18, nota 24). A razão para isso é a mesma que mencionamos há pouco, a discrepância tecnológica entre os sistemas empregados pelo país líder em relação ao resto da coalizão. Mitchell (2007, p. 3) aponta que:

The high levels of situational awareness provided by digitized forces means that small forces can control larger and larger areas. The implication of this, however, is that there will be less and less room to place non or lesser digitized forces. This is especially true for small nations sending less than brigade sized units to operations dominated by large actors. While the IT revolution has stimulated an explosion of open communication and collaborative efforts in the business and social environments, its implication for armies may threaten just the reverse.³⁵

Para além das inconsistências teóricas que acabamos de mencionar, trataremos agora uma crítica ao aspecto técnico da GCR, em particular o fato de que essa doutrina exige uma infraestrutura que mesmo a maior potência militar do mundo, os Estados Unidos, fracassou até então em fornecer para suas forças militares expedicionárias. Segundo Wilson (2007, p. 15), uma das exigências que partem da GCR é a disponibilidade de um *backbone*³⁶ de comunicações com alta largura de banda e baseado na dupla TCP/IP. Essa exigência seria fundamental para a

³⁵ “O alto nível de consciência situacional proporcionado por forças digitalizadas significa que forças pequenas podem controlar áreas cada vez maiores. A implicação disso, contudo, é que haverá cada vez menos espaço para inserir forças pouco ou nada digitalizadas. Isso é especialmente verdadeiro para pequenas nações que enviam unidades menores do que uma brigada para participar em operações dominadas por atores maiores. Embora a revolução de TI tenha estimulado uma explosão de comunicações abertas e esforços colaborativos em ambientes sociais e de negócios, suas implicações para os exércitos ameaçam ser justamente o inverso” (MITCHELL, 2007, p. 3, tradução nossa).

³⁶ Segundo a Wikipédia: “No contexto de redes de computadores, o *backbone* [...] designa o esquema de ligações centrais de um sistema mais amplo, tipicamente de elevado desempenho” (BACKBONE, 2017).

operacionalização da WAN que constitui a infraestrutura básica da GCR, chamada de GIG no *Joint Vision 2020* (USA, 2000). Além de um *backbone*, um projeto desse porte envolve também:

- a) uma densa malha de canais digitais de alta velocidade;
- b) uma base de dados de acesso imediato³⁷.

Nos Estados Unidos, a GIG se encontra em estágio incompleto de desenvolvimento, levantando dúvidas quanto à infraestrutura de rede necessária à operacionalização da GCR por parte das forças militares daquele país (ALBERTS; HAYES, 2003, p. 188; BOUSQUET, 2007, p. 928–929).

Sem ter jamais garantido uma infraestrutura de rede à altura de suas exigências, a GCR se deparou desde o início com o problema da discrepância entre oferta e demanda de largura de banda nas operações militares. Gonzales et al. (2005, p. xxiv), por exemplo, afirmam que uma das razões que restringiram o desempenho da Brigada *Stryker* na Guerra do Iraque foi o fato de que sua rede de informações depende de sistemas de comunicação que fornecem uma limitada largura de banda. Os equipamentos, além disso, possuem um alcance limitado no campo de batalha, especialmente em teatros de operação em que há presença de obstáculos para os sinais de comunicação, como vegetação densa e montanhas.

O problema da largura de banda tende a se agravar, já que a demanda dos sistemas cresce num ritmo muito maior do que a capacidade fornecida pela infraestrutura de rede. A possibilidade de que os indivíduos fiquem sem conexão ou com conexão limitada é especialmente desastrosa não apenas para forças militares, mas para qualquer tipo de organização centrada em redes. Nesses casos, a ausência da rede não apenas reduz o desempenho da organização, mas coloca os indivíduos em uma situação na qual não estão mais preparados para atuar:

[...] latency or delays in information updates resulting from a bandwidth shortage could leave some units attempting to fight on their computer screens with outdated information, when the enemy changes position faster than the screen image data can be updated. An example of this type of problem occurred in April 2003, when a U.S. Army battalion was surprised by a large force of Iraqi tanks and troops because intelligence systems were unable to update enemy information in databases quickly enough to keep front line units accurately informed.³⁸ (WILSON, 2007, p. 18)

³⁷ Essa base de dados não significa que os dados estarão concentrados em um único nodo. Pelo contrário, a base de dados é distribuída (WESENSTEN; BELENKY; BALKIN, 2005, p. 99).

³⁸ “[...] latência ou atrasos nas atualizações de informação resultantes de uma escassez de largura de banda podem deixar algumas unidades tentando lutar em suas telas de computador com informação defasada, quando o inimigo muda de posição mais rápido do que a atualização dos dados na tela. Um exemplo desse tipo de problema ocorreu

Um dos principais motivos para o aumento acelerado da demanda por largura de banda em operações militares advém do emprego de conexões sem fio para controlar remotamente sistemas ou plataformas, incluindo veículos aéreos não tripulados. Não à toa, as comunicações por satélite tiveram uma importância crucial na Operação Liberdade do Iraque, o que pode sinalizar uma desvantagem crítica para a viabilidade da GCR no futuro:

During the OIF conflict, communications trunk lines, including satellite transmissions, were often ‘saturated’, with all available digital bandwidth used up. The peak rate of bandwidth consumed during OIF was approximately 3 Gigabits-per-second, which is about 30 times the peak rate consumed during Operation Desert Storm in 1991.³⁹ (WILSON, 2005, p. 22–23)

O uso intenso de comunicações por satélites revela outro tipo de problema criado pela GCR, que é a dependência de serviços fornecidos por setores civis para o funcionamento dos sistemas operacionais. Apenas como exemplo, 84% da conexão por satélite utilizada durante a Operação Liberdade do Iraque foi fornecida por satélites comerciais⁴⁰. Com isso, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos se tornou o principal consumidor mundial de serviços oferecidos por satélites comerciais⁴¹.

De fato, de acordo com Cohen (2002, p. 247), essa é uma característica importante do estudo atual da tecnologia na guerra: a tecnologia civil, sobretudo em softwares, antecede e se sobrepõe à aplicação dessa tecnologia para fins militares. Essa inversão de valores seria inevitável segundo o autor, pois acompanharia a tendência verificada no próprio Estado de forma geral. Ela traz consigo, porém, uma série de vulnerabilidades que atingem em maior peso as operações militares. Um código que permitisse o acesso remoto por parte de pessoas indevidas significaria uma possível fraude para uma agência governamental. Para uma operação militar, por outro lado, a mesma situação traz um risco inaceitável.

A dificuldade em oferecer capacidade de conexão suficiente se soma com outro desafio enfrentado pela GCR, a interoperabilidade entre os equipamentos e os protocolos empregados.

em abril de 2003, quando um batalhão do exército dos EUA foi surpreendido por um grande número de tanques e tropas do Iraque porque os sistemas de inteligências foram incapazes de inserir as informações sobre o inimigo dentro dos bancos de dados com rapidez suficiente para manter as unidades na linha de frente devidamente atualizadas” (WILSON, 2007, p. 18, tradução nossa).

³⁹ “Durante o conflito OLI [Operação Liberdade do Iraque], linhas troncais de comunicação, incluindo transmissões por satélite, ficaram frequentemente ‘saturadas’, com toda a largura de banda digital disponível estando consumida. O pico da taxa de consumo de largura de banda durante a OLI foi aproximadamente 3 gigabits por segundo, o que representa em torno de 30 vezes o pico da taxa de consumo durante a Operação Tempestade do Deserto em 1991” (WILSON, 2005, p. 22-23, tradução nossa).

⁴⁰ De acordo com a Agência de Sistemas de Informação de Defesa dos Estados Unidos (WILSON, 2007, p. 16).

⁴¹ A esse respeito, mesmo publicações altamente qualificadas como o *Military Balance* (THE MILITARY BALANCE, 2015) são deficientes por tratarem apenas de meios espaciais sob controle integral das forças militares.

Operation Desert Storm demonstrated that tactical communications are still plagued by incompatibilities and technical limitations. At CENTCOM corps and wing levels, a significant portion of the war was conducted over commercial telephone lines because of the volume and compatibility limitations of the military communication system.⁴² (ASPIN; DICKINSON, 1992 apud SNYDER, 1993, p. 71)

Os problemas de largura de banda, no entanto, são mais fáceis de resolver do que as limitações do cérebro humano frente à digitalização, como aponta Vego (2009, p. 229–230):

So far, the human decision-making cycle has not kept up with advance in technology. The human factor can, in fact, become the weakest link in the decision-making process. This problem can possibly be resolved if appropriate and timely actions are taken to adopt advanced techniques in processing and displaying information to be assimilated by the commander and his staff. Otherwise, technology will increasingly become a problem, not a solution. As a result, the new information technologies can actually increase, not reduce, the fog of war and friction.⁴³

A discrepância entre capacidade de processamento e volume de informações recebido é chamado de sobrecarga informacional, um termo geralmente atribuído a Alvin Toffler (1970), é uma situação que ocorre quando um indivíduo recebe uma quantidade tão grande de informações a ponto de prejudicar seu processo decisório. A explicação para a sobrecarga informacional estaria na discrepância entre o volume de informações disponíveis em razão das tecnologias digitais e a limitada capacidade cognitiva dos indivíduos para processar essas informações.

A sobrecarga informacional é o fenômeno que melhor representa o lado negativo da digitalização no que diz respeito a todas as dimensões da sociedade, não apenas para a conduta da guerra. Além de prejudicar nossa capacidade decisória, a sobrecarga informacional contribui para a manutenção de níveis elevados de estresse, estimulando a crença dentro dos indivíduos de que é necessário coletar mais informação do que o necessário, um estado mental chamado de ansiedade informacional.

Mesmo sem considerarmos a GCR, a sobrecarga informacional é um dos principais problemas a serem enfrentados pelas forças militares no século XXI. Basta observar algumas

⁴² “A Operação Tempestade do Deserto demonstrou que comunicações táticas ainda são atormentadas por incompatibilidades e limitações técnicas. Nos níveis do Comando Central e das asas, uma porção significativa da guerra foi conduzida através de linhas telefônicas comerciais devido ao volume e às limitações de compatibilidade do sistema militar de comunicação” (ASPIN; DICKINSON, 1992 apud SNYDER, 1993, p. 71).

⁴³ “Até agora, o ciclo humano de tomada de decisão não acompanhou os avanços na tecnologia. O fator humano pode, na verdade, tornar-se o elo mais fraco no processo de tomada de decisão. Esse problema pode possivelmente ser resolvido se ações apropriadas forem tomadas em tempo para adotar técnicas avançadas de processamento e de disponibilização das informações que serão assimiladas pelo comandante e pela sua equipe. De outra forma, a tecnologia se tornará cada vez mais um problema, não uma solução. Como resultado, as novas tecnologias da informação podem na verdade aumentar, não reduzir, a névoa da guerra e a fricção” (VEGO, 2009, p. 229-230).

evidências relacionadas às últimas experiências militares dos Estados Unidos, no Iraque e no Afeganistão. Um relatório encomendado pelo Comando de Sistemas⁴⁴ do Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos conclui que:

Several communicators, operations officers, and commanders reportedly stated that they felt generally overloaded with information, and sometimes much of that information had little bearing on their missions. They stated that they received messages and images over too many different networks, requiring them to operate a large number of different models of communications equipment.⁴⁵ (CATERINICCHIA; FRENCH, 2003 apud WILSON, 2007, p. 23)

A nosso ver, a raiz do problema de sobrecarga informacional não está na falta de capacidade de processamento, mas antes na premissa, adotada pela GCR, de que quanto mais informação, melhor. Nem sempre más decisões são resultado da falta de informação:

In the 1973 Yom Kippur War, for example, the failure of Israeli intelligence to anticipate the Egyptian and Syrian attacks was not due to a lack of information, but to the interpretation of the information available in the context of an inappropriate shared mental model of Arab intentions.⁴⁶ (BOLIA; VIDULICH; NELSON, 2006)

Tendo discutido as principais controvérsias em torno da GCR, iremos apresentar na próxima seção nosso esforço no sentido de analisar mais profundamente uma dessas controvérsias, a questão da sobrecarga informacional. Foi desenvolvido um modelo computacional para testar como diferentes estruturas em sistemas de C2 podem sofrer com a sobrecarga informacional.

2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE SISTEMAS DE C2

Foi desenvolvido um modelo computacional para analisar a relação entre sobrecarga informacional e estrutura de rede em sistemas de C2. Aqui, faremos uma descrição desse modelo em termos conceituais, isto é, explicando suas características gerais sem entrar nas questões técnicas envolvendo o desenvolvimento do código. Esta seção está organizada de

⁴⁴ Órgão responsável pelas aquisições efetuadas pelo Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos.

⁴⁵ “Muitos comunicadores, oficiais de operações e comandantes supostamente declararam terem se sentido em geral sobrecarregados com informação, e que às vezes boa parte dessa informação tinha pouca relevância para suas missões. Eles declararam terem recebido mensagens e imagens através de um excesso de redes diferentes, exigindo que eles operassem um grande número de diferentes modelos de equipamento de comunicação” (CATERINICCHIA; FRENCH, 2003 apud WILSON, 2007, p. 23, tradução nossa).

⁴⁶ “Na Guerra do Yom Kippur em 1973, por exemplo, a falha da inteligência israelense em antecipar os ataques do Egito e da Síria não foi causada por uma escassez de informação, mas antes pela interpretação da informação disponível, no contexto de um modelo mental comum inapropriado sobre as intenções dos árabes” (BOLIA; VIDULICH; NELSON, 2006, tradução nossa).

acordo com um padrão proposto por Grimm et al. (2006) para descrever modelos baseados em agentes, o Protocolo ODD (Quadro 1).

Quadro 1 - Partes que compõem o Protocolo ODD

Apresentação geral (<i>Overview</i>)	a) Propósito; b) Entidades, variáveis de estado e escalas; c) Encadeamento dos processos.
Conceitos de projeto (<i>Design concepts</i>)	a) Princípios básicos; b) Emergência; c) Adaptação; d) Objetivos; e) Aprendizagem; f) Previsão; g) Previsão; h) Percepção; i) Interação; j) Aleatoriedade; k) Coletividades; l) Observação.
Detalhes (<i>Details</i>)	a) Inicialização; b) Dados de entrada; c) Submodelos.

Fonte: adaptado pelo autor a partir de Grimm et al. (2010, p. 2763).

2.3.1 Apresentação geral

a) Propósito:

O modelo tenta reproduzir o funcionamento do ciclo de C2 em uma unidade militar. A finalidade é demonstrar os efeitos do excesso de informações sobre a tomada de decisão em ciclos de C2. Espera-se, assim, contribuir com o debate em torno da adoção de doutrinas militares como a GCR. A escolha da MBA como técnica de modelagem computacional decorre de sua capacidade de reproduzir a natureza não linear e não determinística dos ciclos de C2.

b) Entidades, variáveis de estado e escalas

O sistema de C2 é composto por um grupo de indivíduos organizados em até cinco níveis hierárquicos. O nível hierárquico determina se um indivíduo realiza uma ou mais das funções básicas do ciclo de C2: tomada de decisão, análise ou coleta de dados (Figura 2). O modelo reproduz desde o menor grupo possível (cinco indivíduos) até estruturas complexas com mais de quinhentos indivíduos. Cada indivíduo possui os seguintes atributos: cognição (bytes por segundo), limiar quantitativo (%), restrição de tempo (segundos), largura de banda disponível (bytes por segundo) e largura de banda por canal (bytes por segundo).

Figura 2 - Funções dos agentes conforme posição na cadeia de comando



Fonte: imagem extraída do Netlogo pelo autor em 2018.

Outra entidade elementar do modelo é a conexão, a qual consiste em um vínculo transitório que se estabelece entre dois indivíduos para a transmissão de dados. A conexão pode ser estabelecida apenas entre indivíduos que possuem um vínculo de rede entre si. O conjunto dos vínculos de rede determina uma entidade agregada importante, que é a própria rede do sistema de C2. De acordo com o perfil dessa rede, definida antecipadamente pelo usuário da simulação, os soldados terão mais ou menos acesso aos outros nodos da rede para trocar dados relativos à missão.

Por último, temos o banco de dados, o qual constitui a fonte que será acessada pelos indivíduos para a elaboração de um relatório. O banco de dados é uma abstração do ambiente operacional, isto é, ele representa o universo dos dados relevantes para a missão. Seu único atributo é a capacidade de armazenamento (*bytes*), a qual define o volume dos dados contidos dentro de um banco de dados e que podem ser acessados pelos indivíduos.

Os valores dos atributos dos indivíduos são fornecidos pelo observador antes do início da simulação, com duas exceções. Primeira, a largura de banda disponível para cada indivíduo é definida ao se dividir a largura de banda total pelo número de indivíduos que possuem uma ou mais conexões ativas. Segunda, a largura de banda por canal para cada indivíduo é definida ao se dividir a largura de banda disponível desse indivíduo pelo total de conexões ativas que ele possui. Além disso, os valores das variáveis globais também devem ser fornecidos pelo usuário da simulação. Trata-se de variáveis que não representam um atributo dos indivíduos em si, mas que afetam os processos de forma geral. São elas: tamanho da missão (*bytes*) e largura de banda total (*bytes por segundo*).

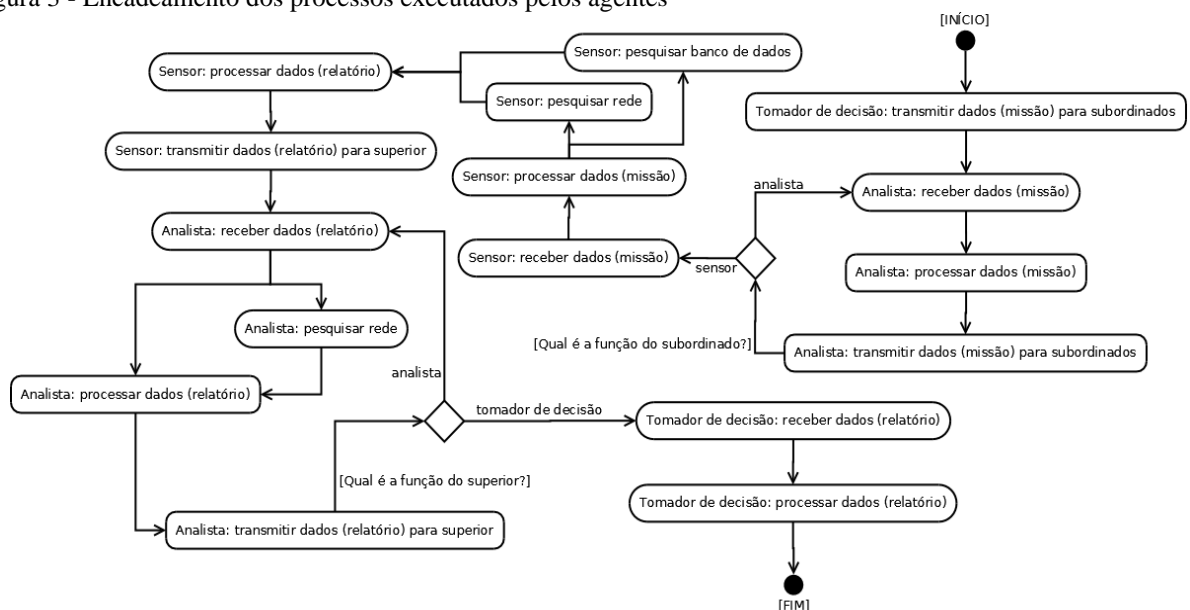
O modelo não trabalha com uma dimensão espacial, tendo em vista que não pretende tratar da relação entre o desempenho do sistema de C2 e o desempenho operacional (combate propriamente dito).

c) Visão geral dos processos

O tempo é modelado de forma discreta (não contínua), sendo que a cada turno (equivalente a um segundo) os indivíduos realizam as suas respectivas tarefas na medida de suas capacidades. Essas tarefas podem ser de três tipos: transmissão, processamento ou coleta de dados. A simulação inicia quando o tomador de decisão, em posse da missão, transmite-a para seus subordinados diretos, os quais gastam algum tempo processando os dados recebidos, uma tarefa cuja duração varia de acordo com a complexidade da missão. Após processar a missão recebida, o subordinado a remete para seus próprios subordinados, um processo que se repete até a missão chegar às mãos dos indivíduos situados na base da cadeia de comando. Esses indivíduos, que representam os sensores do sistema de C2, acessam um banco de dados para coletar dados que correspondam à missão. Com base nesses dados, um relatório é elaborado e remetido até o topo da cadeia de comando, refazendo todos os degraus percorridos pela missão.

Abaixo (Figura 3), um diagrama mostrando o encadeamento dos cinco processos executados pelos indivíduos no decorrer do modelo. Uma explicação pormenorizada desses processos é feita no final do Protocolo ODD, na seção de submodelos.

Figura 3 - Encadeamento dos processos executados pelos agentes



Fonte: elaborado pelo autor em 2017.

O elemento mais importante do processo descrito acima são os pacotes de dados, os quais constituem a moeda corrente do sistema de C2. Cada pacote de dados nada mais é do que uma amostra sem repetição de números aleatórios. São cinco tipos:

- pacote de dados de missão, pacote único criado pelo tomador de decisão e compartilhados ao longo da cadeia de C2 no início da simulação;
- pacote de dados em fluxo, que contém a mensagem que está sendo transmitida entre dois agentes através de uma conexão;
- pacote de dados armazenados em bancos de dados, que representa os dados inseridos dentro de um banco de dados que podem ser acessados por coletores;
- pacote de dados incorporados sem processamento, apelidados de *rom*⁴⁷ em nosso modelo, que são os dados que foram incorporados por cada agente sem serem processados e que se encontram à disposição dos demais integrantes da rede para consulta;
- pacote de dados temporários não processados, apelidados de *ram*⁴⁸ em nosso modelo, representando os dados que foram coletados ou recebidos e se encontram em espera para serem processados;
- pacote de dados de relatório, formulados pelos analistas a partir de dados coletados nos bancos de dados ou através de uma consulta à rede.

2.3.2 Conceitos de projeto

a) Princípios básicos

O conceito de C2 representa o eixo estruturante para este modelo. Aqui, dispensaremos uma discussão mais profunda sobre o conceito de C2 e adotaremos uma definição operacional: o C2 é a função de combate que corresponde ao processo de tomada de decisão do comandante e aos sistemas de comunicação e inteligência que apoiam esse processo.

O estudo do C2 geralmente envolve a adoção de um modelo analítico com forte influência do pensamento sistêmico, em especial da cibernética e teorias correlatas. Assim, os modelos mais conhecidos sobre o ciclo de C2 podem ser descritos como uma reprodução dos modelos cibernéticos, separados em *input*, *output* e retroalimentação. Esses modelos se distinguem por separarem o ciclo de C2 em quatro partes. O modelo mais célebre a seguir esse

⁴⁷ Acrônimo de *read-only memory* (memória somente de leitura).

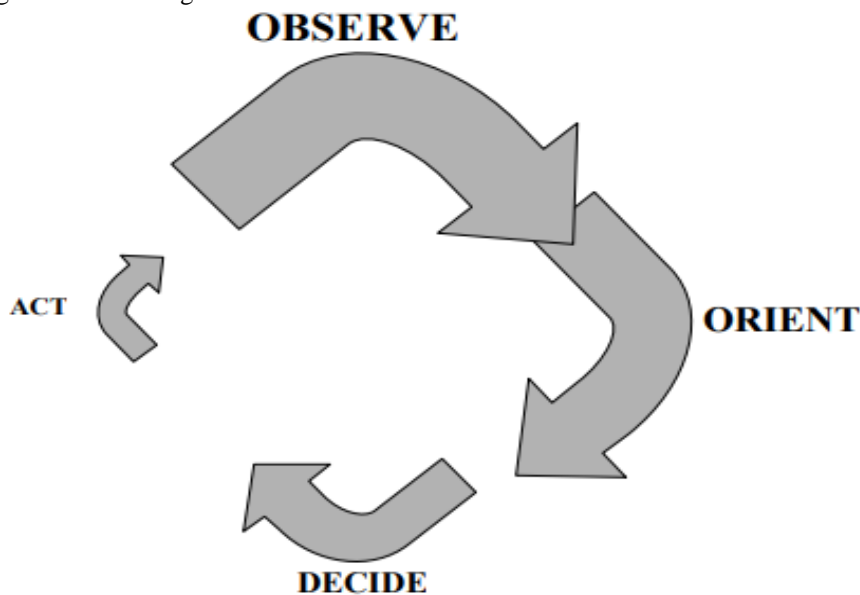
⁴⁸ Acrônimo de *random-access memory* (memória de acesso aleatório). Não confundir com o acrônimo RAM (Revoluções em Assuntos Militares), que também é usado neste trabalho.

padrão é o ciclo OODA de Boyd, mas também se incluem aí os modelos de Lawson (1981) e Orr (1983, p. 36).

Neste modelo computacional, não foi adotado nenhum modelo em específico para o ciclo de C2, mas partimos de um modelo clássico para o ciclo de C2, seguindo a separação quaternária entre observação, processamento, decisão e ação. Omitiremos, contudo, o último componente do ciclo de C2, isto é, a ação que resulta do processo decisório. A razão para tanto está no fato de que não nos propomos a realizar uma avaliação sobre como o C2 influencia no desempenho em combate das forças militares. Nosso intuito se restringe a uma avaliação do desempenho dos sistemas de C2 no que diz respeito à gestão da informação.

A hipótese central que tentaremos demonstrar através do modelo é que a GCR contribui para desequilibrar as quatro fases do ciclo de C2, acelerando a fase “observar” sem oferecer qualquer contrapartida para as fases subsequentes. Em especial, as partes “decidir” e “agir” acabam se tornando pontos de estrangulamento na GCR (Figura 4).

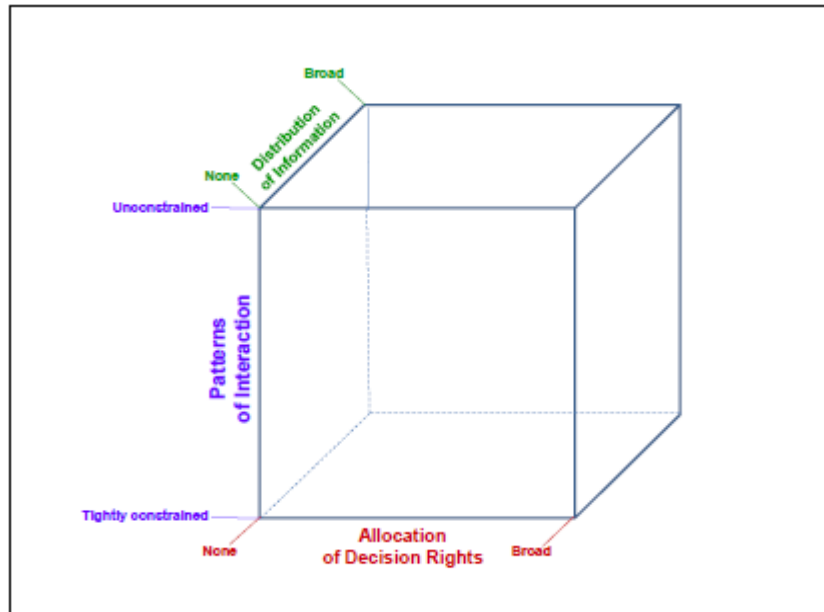
Figura 4 - Sobrecarga informacional no ciclo de C2



Fonte: Baker (2002, p. 9)

Faremos uma comparação entre diferentes abordagens para o C2. Podemos dizer, inclusive, que a abordagem para o sistema de C2 é nossa principal variável independente ao analisar o desempenho dos sistemas de C2. A respeito disso, adotamos um *framework* que se autointitula uma Teoria da Agilidade do C2 (ALBERTS et al., 2015, p. 4). Segundo esse *framework*, uma abordagem para o C2 pode ser dividida em três dimensões: alocação de direitos decisórios, padrão de interações e distribuição da informação (Figura5).

Figura 5 - Os três aspectos de uma abordagem de C2



Fonte: Alberts et al. (2015, p. 4)

Em nosso modelo, assumiremos que a alocação de direitos decisórios é nula, isto é, apenas o indivíduo situado no topo da organização é capaz de tomar decisões. Iremos também ignorar o padrão de interações, tendo em vista que nosso ciclo de C2 é integralmente voltado ao fornecimento de informações para o comandante situado no topo da cadeia de comando. Iremos, por conseguinte, trabalhar apenas com uma das dimensões reconhecidas pela Teoria da Agilidade do C2, qual seja a distribuição de informações.

A abordagem de C2 que iremos analisar através de nosso modelo computacional é a GCR. As hipóteses da GCR são:

- 1) A robustly networked force improves information sharing;
- 2) Information sharing and collaboration enhance the quality of information and shared situational awareness;
- 3) Shared situational awareness enables self-synchronization;
- 4) These, in turn, dramatically increase mission effectiveness.⁴⁹ (USA, 2001)

⁴⁹ “1) Uma força robustamente conectada em rede melhora o compartilhamento de informações; 2) O compartilhamento de informações e a colaboração acentuam a qualidade da informação e a consciência situacional compartilhada; 3) A consciência situacional compartilhada torna possível a autossincronização; 4) Isso, por sua vez, aumenta dramaticamente a eficácia da missão” (USA, 2001, tradução nossa).

Tentaremos demonstrar através de nosso modelo computacional que a hipótese de número 2 está equivocada, isto é, o compartilhamento de informações proporcionado por uma configuração de rede robusta nem sempre contribui com a qualidade da informação ou da consciência situacional compartilhada.

a) Emergência

A tomada de decisão é resultado de múltiplas interações que são feitas entre os agentes e entre estes e o ambiente, variando de forma complexa em resposta tanto a parâmetros individuais quanto coletivos. Nesse sentido, podemos dizer que o desempenho do sistema de C2 é uma propriedade emergente. Isso poderá ser verificado através dos indicadores de eficácia e de eficiência que usamos para medir o desempenho do sistema de C2 como um todo. Esses indicadores variam de forma não linear e não determinística, tendo em vista não podem ser inferidos com antecedência com base apenas nos parâmetros fornecidos pelo usuário do modelo. Além disso, os mesmos parâmetros podem gerar indicadores distintos.

b) Adaptação

Regras explícitas de comportamento se aplicam a duas das tarefas executadas pelos soldados, nomeadamente a pesquisa ao banco de dados e a pesquisa à rede. Os agentes executam essas tarefas até coletar um volume de dados que julgam suficiente, o que é determinado pelo seu limiar quantitativo. Alternativamente, o agente pode decidir interromper a tarefa após ter gasto tempo demais nela, o que é determinado pelo seu limiar de tempo.

c) Objetivos

O objetivo do sistema de C2 é elaborar um relatório sobre a missão dentro do menor tempo possível. O tomador de decisão distribui a missão ao longo do sistema de C2 até chegar nos sensores, que realizam uma pesquisa no banco de dados e elaboram relatórios individuais que serão reunidos pelos analistas e entregues ao tomador de decisão. Este, finalmente, processará todos os dados de relatório recebidos e fará um relatório final sobre a missão. Assim, temos dois tipos de objetivos: os objetivos individuais, que correspondem à elaboração de relatórios por cada indivíduo do sistema de C2, e o objetivo agregado, que é o relatório final da missão. A missão consiste em uma lista de números aleatórios sem repetição, os quais são definidos automaticamente antes do início da simulação. O observador/usuário estabelece o tamanho da missão e o limiar de tempo total que o sistema de C2 possui para entregar um relatório sobre a missão.

Para elaborar seu relatório individual, cada soldado compara os dados da missão recebida com os dados acessados através de um banco de dados ou através da rede. Se o soldado descobre um número repetido entre missão e fonte de dados, ele o insere em seu relatório individual. Ao atingir um limiar (quantitativo ou temporal), o soldado conclui o relatório e o remete a seu superior hierárquico direto. Este, por sua vez, elabora um relatório próprio a partir dos sub-relatórios enviados por seus subordinados. Quando todos os relatórios parciais finalmente chegam ao tomador de decisão, o relatório final é processado e a simulação chega ao fim.

A mensuração dos objetivos individuais dos agentes é feita ao se comparar o volume de dados coletados com o volume do pacote de dados da missão. Por exemplo, se o agente coletar 20 *bytes* de uma missão cujo pacote de dados é composto por 400 *bytes*, então ele completou 5% do seu objetivo individual. Se o limiar quantitativo desse agente for 10%, ele precisará coletar outros 20 *bytes* para completar seu objetivo individual. Já no caso do processamento dos dados coletados, o limiar quantitativo é sempre 100%, isto é, os agentes terão sempre que coletar todos os dados que coletaram antes de enviar um sub-relatório ao superior hierárquico.

É interessante notar que, frequentemente, é preferível estabelecer objetivos baixos de coleta para os indivíduos, pois objetivos altos resultam em ciclos de C2 mais longos e marcados por uma elevada redundância informacional. Neste modelo, a eficiência ótima de um sistema de C2 se situa em um ponto de equilíbrio entre o tempo que se gasta coletando informações e o tempo que se gasta a processando essa mesma informação. Há um conflito em potencial que resulta da interação entre esses três tempos.

d) Aprendizagem

Os indivíduos não alteram seus traços adaptativos ao longo do tempo como consequência de sua experiência (aprendizagem não é implementada neste modelo).

e) Previsão

Os indivíduos não são capazes de estimar as condições ou consequências futuras de suas ações (previsão não é implementada neste modelo).

f) Percepção

A maneira como os indivíduos percebem uns aos outros ocorre através de seus vínculos de autoridade ou de rede. As transmissões relacionadas à missão ou aos relatórios, por exemplo, são feitas através de conexões estabelecidas com base na cadeia de comando. Além disso, os

indivíduos têm a possibilidade de se comunicar com outros indivíduos através de uma rede subjacente ao sistema de C2 para procurar dados relevantes à sua missão. A estrutura dessa rede é definida pelo usuário antes do início da simulação.

g) Interação

Os indivíduos interagem através de conexões. O volume de dados que pode ser transferido através de uma conexão depende da largura de banda disponível. Uma conexão só pode ser estabelecida entre indivíduos que possuem um vínculo de rede.

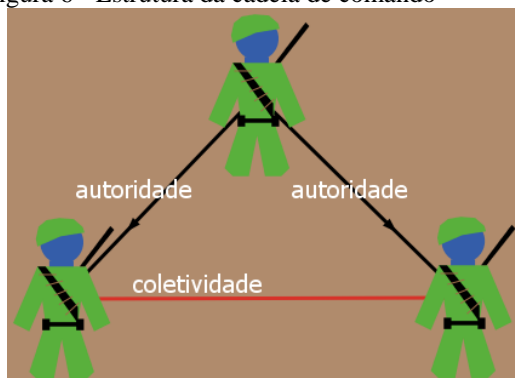
h) Aleatoriedade

De forma geral, o uso da aleatoriedade no modelo visa reconstituir a noção de incerteza, que é um dos aspectos essenciais do conflito armado. Os números que compõem a missão são determinados através de um processo aleatório. O tamanho da amostra é definido pelo usuário antes do início da simulação. Os números armazenados no banco de dados seguem o mesmo padrão. Além disso, quando um indivíduo realiza uma pesquisa ao banco de dados ou à rede, a chance de encontrar um dado relevante para a missão é também um processo aleatório.

i) Coletividades

A principal entidade agregada é o sistema de C2, mas este, por sua vez, é composto de diversos agrupamentos de indivíduos organizados conforme uma cadeia de comando. A estrutura da cadeia de comando — vínculos de autoridade e vínculos de grupo (Figura 6) — é definida pelo usuário antes do início da simulação.

Figura 6 - Estrutura da cadeia de comando



Fonte: imagem extraída do NetLogo pelo autor em 2017.

É a estrutura da cadeia de comando que estabelece o número de indivíduos que compõem o sistema de C2 e suas respectivas funções individuais. Ela é construída da seguinte maneira (Quadro 2):

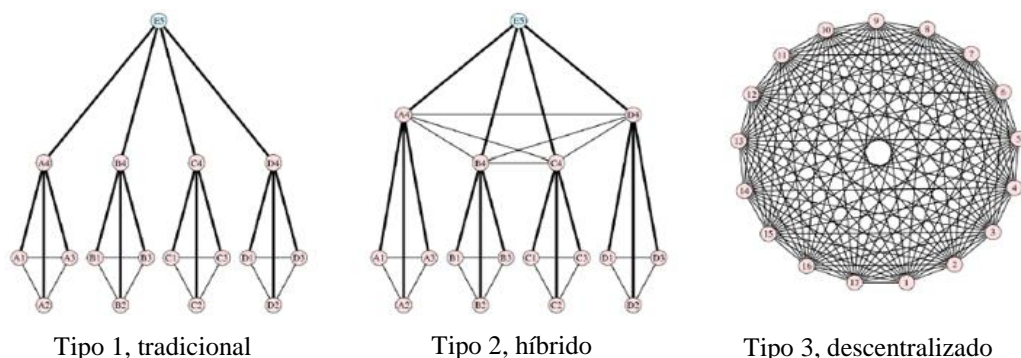
Quadro 2 - Os cinco níveis de sistema de C2

Nível 1	Unidade básica, composta por 1 tomador de decisão e 4 sensores
Nível 2	$n_{2.1}$ grupos de nível 1, subordinados a um tomador de decisão
Nível 3	$n_{3.1}$ grupos de nível 1 e $n_{3.2}$ grupos de nível 2, subordinados a um tomador de decisão
Nível 4	$n_{4.1}$ grupos de nível 1, $n_{4.2}$ grupos de nível 2 e $n_{4.3}$ grupos de nível 3, subordinados a um tomador de decisão
Nível 5	$n_{5.1}$ grupos de nível 1, $n_{5.2}$ grupos de nível 2, $n_{5.3}$ grupos de nível 3, $n_{5.4}$ grupos de nível 4, subordinados a um tomador de decisão

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Em nosso modelo, o perfil do sistema de C2 é uma combinação entre a estrutura da cadeia de comando e a estrutura da rede. Essa última é também definida pelo usuário antes do início da simulação. São três tipos de estrutura de rede, conforme a Figura 7. No tipo 1 (tradicional), os indivíduos se comunicam estritamente conforme a estrutura hierárquica. No tipo 2 (híbrido), os indivíduos também se comunicam com membros do mesmo nível. No tipo 3 (descentralizado), os indivíduos conseguem se comunicar com qualquer outro indivíduo que pertença ao mesmo sistema.

Figura 7 - Tipos de estrutura de rede



Fonte: Thunholm et al. (2009) apud Dekker (2011, p. 7)

j) Observação

A interface gráfica do modelo é personalizável e permite o monitoramento em tempo real dos valores de cada variável, dos processos que estão sendo executados por cada indivíduo e também de outros elementos, como os vínculos de autoridade/coletividade e as conexões de rede. O modelo também possui um marcador para a quantidade de tempo transcorrido (segundos), o número total de indivíduos e a largura de banda média utilizada pelos indivíduos.

Quando a simulação termina, o modelo registra as seguintes medidas de desempenho do sistema de C2:

- Taxa de eficácia (E_1): é a proporção entre os dados de relatório coletados (r) e o tamanho total da missão (m). Representa quanto da missão inicialmente estabelecida foi completada pelo sistema de C2.

$$E_1 = \frac{r}{m}$$

- Taxa de eficiência (E_2): é a proporção entre a taxa de eficácia (E_1) e o tempo total transcorrido (t), medido em minutos. Representa a agilidade com que o sistema de C2 completou a missão.

$$E_2 = \frac{E_1}{t}$$

- Incerteza residual (I): é a proporção entre os dados da missão ausentes no relatório final ($m - r$) e o total de dados da missão (m).

$$I = \frac{(m - r)}{m}$$

2.3.3 Detalhes

a) Inicialização

Antes de inicializar a simulação, é necessário definir as características gerais do sistema de C2. Há sempre apenas um tomador de decisão, que está no topo da cadeia de comando. Já a quantidade de analistas e sensores varia de acordo com a estrutura do sistema de C2, sendo que os sensores sempre estão localizados na base da cadeia de comando. Os atributos dos indivíduos — cognição, limiar quantitativo, restrição de tempo e restrição de tempo decisória — também devem ser definidos pelo usuário antes do início da simulação e permanecem com seu valor inalterado ao longo das várias rodagens. É importante ter em conta que a cognição deve necessariamente ter um valor muitas vezes inferior ao da largura de banda disponível para cada

indivíduo, tendo em vista que o principal pressuposto do modelo é que a sobrecarga informacional é gerada pela discrepância entre coleta, processamento e análise de informações.

Em relação às três variáveis restantes — tamanho da missão, largura de banda total e perfil da rede —, elas diferem das demais variáveis pelo fato de que seus valores são alterados entre as diferentes rodagens, com o propósito de ver como essa alteração modifica o desempenho do sistema de C2.

b) Dados de entrada

O modelo não utiliza arquivos ou dados externos ao próprio modelo.

c) Submodelos

Transferir dados: o indivíduo inicia esse processo em duas situações:

i) quando possui uma missão que deseja encaminhar aos subordinados;

ii) quando, ao elaborar um relatório, deseja remetê-lo ao seu superior.

Em ambos os casos, o indivíduo transmite uma quantidade de *bytes* por segundo igual à sua largura de banda por conexão. A cada *byte* transmitido, subtrai-se um *byte* de sua largura de banda disponível. Se esta chegar a zero, o indivíduo não pode mais transferir, receber ou coletar dados. Quando o indivíduo transmite toda a missão ou todo o relatório, ele se torna inativo.

Receber dados: o indivíduo inicia esse processo quando outro agente estabelece uma conexão para transmitir um pacote de dados. Quando o remetente é um superior hierárquico, o agente receberá um pacote de dados descrevendo a missão. Quando o transmissor é um subordinado, o indivíduo receberá um pacote de dados de relatório; nesse caso, ele também irá iniciar uma consulta à rede para coletar dados que estejam faltando. Em ambos os casos, o indivíduo recebe uma quantidade de *bytes* por segundo igual a sua largura de banda por conexão. A cada *byte* transmitido, subtrai-se um *byte* de sua largura de banda disponível. Se esta chegar a zero, o indivíduo não pode mais transferir, receber ou coletar dados. Quando o indivíduo recebe todo o pacote de dados, sua próxima tarefa é processar dados.

Processar dados: o indivíduo converte gradualmente os dados recebidos em informação. A rapidez com que isso ocorre depende da capacidade cognitiva do indivíduo. Se os dados processados são derivados da missão, a próxima tarefa do indivíduo é determinada por sua função. Se for um analista, o indivíduo passará para a tarefa de transmitir dados para o próximo subordinado. Se for um sensor, a próxima tarefa será coletar dados relevantes para a missão, o que pode ser feito através da pesquisa ao banco de dados ou através da pesquisa à rede. Se os

dados processados forem derivados do relatório, a próxima tarefa do indivíduo será transmitir esses dados para o superior hierárquico. Caso não haja superior hierárquico, isso significa que os dados derivados do relatório chegaram ao tomador de decisão, o qual deverá processar esses dados.

Pesquisar banco de dados: o indivíduo acessa um banco de dados disponível e procura dados que possam contribuir para seu relatório individual. O procedimento é feito da seguinte maneira:

- i) o agente escolhe um *byte* “x” pertencente a seu pacote de dados da missão;
- ii) o agente escolhe um *byte* “y” pertencente ao pacote de dados de armazenamento de um dos bancos de dados;
- iii) o agente compara os dois *bytes* e, caso eles sejam idênticos, transfere o respectivo *byte* para sua memória interna.

A quantidade de dados pesquisados por segundo é determinada por sua largura de banda por canal. Após ter transcorrido um prazo igual à restrição de tempo do indivíduo, ou após o indivíduo ter coletado dados suficientes para a missão, ele interrompe a pesquisa ao banco de dados e inicia a tarefa de processar dados de relatório.

Pesquisar rede: o indivíduo entra em contato com outros indivíduos que pertencem à mesma rede para buscar dados que possam contribuir com seu relatório pessoal. O procedimento é feito da seguinte maneira:

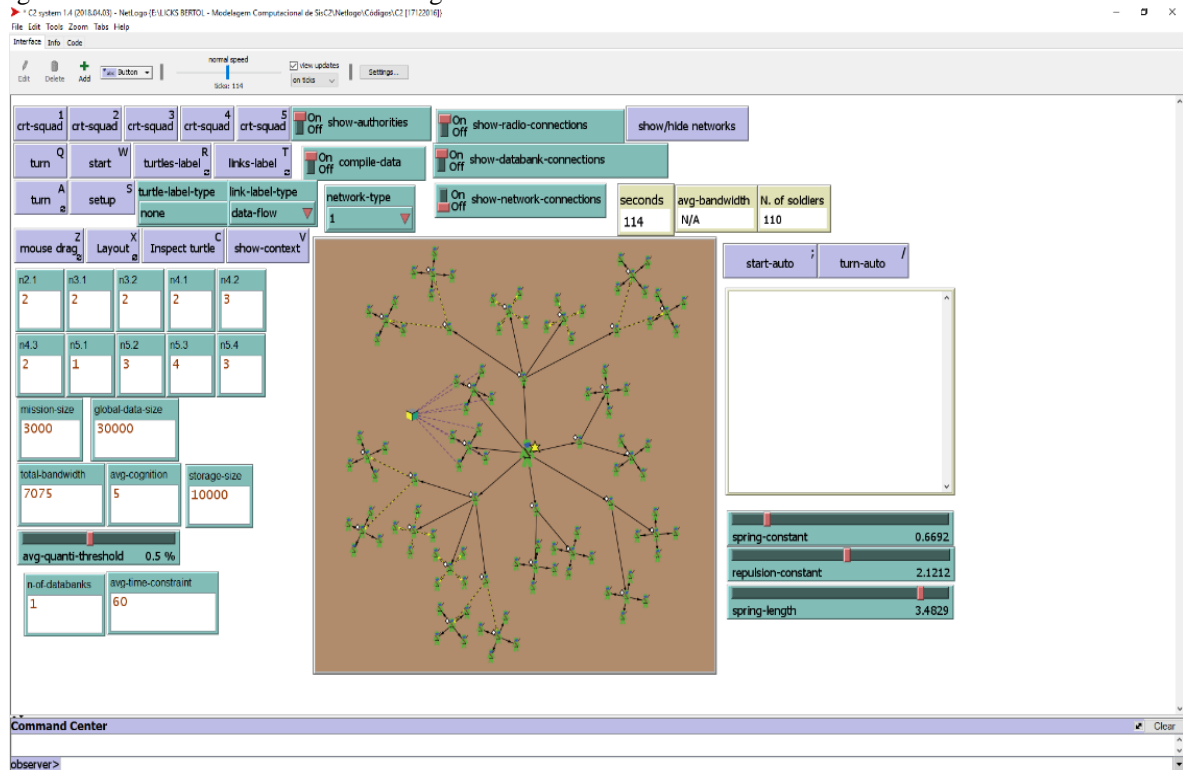
- i) o indivíduo escolhe um *byte* “x” pertencente a seu pacote de dados da missão;
- ii) o agente escolhe um indivíduo aleatório que pertença à mesma rede;
- iii) o indivíduo escolhe um *byte* “y” que pertença à memória permanente do indivíduo conectado;
- iv) o indivíduo compara os *bytes* “x” e “y” e, caso eles sejam idênticos, transfere o respectivo *byte* em comum para sua memória interna.

A quantidade de dados pesquisados por segundo é determinada pela largura de banda disponível. Após ter transcorrido um prazo igual à restrição de tempo do indivíduo, ou após o indivíduo ter coletado dados suficientes para a missão, ele interrompe a pesquisa à rede e inicia a tarefa de processar dados de relatório.

2.3.4 Experimentos e Análise dos Resultados

O código do modelo foi escrito e implementado através do NetLogo, um ambiente de desenvolvimento integrado voltado à simulação de fenômenos complexos⁵⁰. O NetLogo inclui sua própria linguagem de programação e possui uma interface gráfica intuitiva (Figura 8).

Figura 8 - Interface do modelo no NetLogo



Fonte: imagem extraída do NetLogo pelo autor (2017).

Foi realizada uma sequência de experimentos para verificar o funcionamento do modelo e também retirar algumas interpretações preliminares. O objetivo primário foi observar se o modelo de fato reproduz o mecanismo de sobrecarga informacional e se esse mecanismo é mais forte de acordo com o perfil de rede adotado. Também manipulamos a largura de banda total, o limiar quantitativo, a restrição de tempo, o tamanho da missão, o tamanho de cada banco de dados e o universo total de dados para monitorar até que ponto essas variáveis influenciam o resultado de nosso experimento.

⁵⁰ Ambiente de desenvolvimento integrado é um programa que reúne ferramentas úteis aos programadores para o desenvolvimento de *softwares*. Mais informações sobre como o NetLogo funciona se encontram no apêndice desta dissertação.

É necessário falar um pouco sobre como os parâmetros do modelo foram estabelecidos para esses experimentos preliminares. Um dos principais aspectos da modelagem computacional é a calibragem de parâmetros, isto é, seu ajuste de forma a assegurar a mútua correspondência entre os resultados do modelo e os dados que servem de referência (MALLESON, 2014). Tanto a calibragem quanto a coleta de dados de referência são etapas que extrapolam a proposta deste artigo.

Outro aspecto digno de nota é o fato de que o nosso modelo computacional foi programado tendo em mente a noção de mineração de dados, ou seja, “o processo de explorar grandes quantidades de dados à procura de padrões consistentes, como regras de associação ou sequências temporais, para detectar relacionamentos sistemáticos entre variáveis, detectando assim novos subconjuntos de dados” (MINERAÇÃO, 2017). Embora a mineração de dados não exclua a necessidade de que os parâmetros tenham lastro teórico ou empírico, o foco dessa prática está em identificar como as variáveis afetam umas às outras, em oposição, por exemplo, a estudos de causalidade⁵¹.

Tendo esclarecido esses aspectos importantes, descreveremos os parâmetros fixos que utilizamos nos testes. O valor da cognição foi definido em 5 *bytes* por segundo com base em Kamradt (2003). A largura de banda total foi definida conforme uma conexão dial-up (56,6 kilobits por segundo = 7075 bytes por segundo). Sobre o tamanho do sistema de C2 em quantidade de pessoal, Lawson (1981, p. 10) sugere que, em um modelo de C2, um cenário típico para a Força Terrestre envolveria em torno de 500 indivíduos do lado das forças amigas. A estrutura de cadeia de comando foi construída de tal forma que o total de agentes atingisse esse valor (ver Tabela 1). Adicionalmente, o número de bancos de dados foi fixado em três.

⁵¹ O Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos desenvolveu uma técnica análoga à mineração de dados, chamada colheita de dados. Essa técnica foi empregada, por exemplo, por Porche III e Wilson (2006) para desenvolver um modelo computacional sobre o impacto da rede na eficiência em combate.

Tabela 1 - Parâmetros da estrutura da cadeia de comando

Quantidade de níveis hierárquicos	n _{2,1}	n _{3,1}	n _{3,2}	n _{4,1}	n _{4,2}	n _{4,3}	n _{5,1}	n _{5,2}	n _{5,3}	n _{5,4}	Total de agentes
5	2	2	2	2	3	2	1	3	4	3	501

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Sobre os parâmetros variáveis, dividimos os experimentos em sete etapas (ver Tabela 2). Os experimentos 1 e 2 utilizaram os valores máximos que o modelo suporta para os parâmetros referentes aos pacotes de dados — tamanho da missão, universo dos dados e tamanho dos bancos de dados. Nesses dois primeiros experimentos, o limiar quantitativo foi colocado no valor máximo e a restrição de tempo foi definida em 300 segundos. Os experimentos 3, 4, 5, 6 e 7 utilizaram valores reduzidos para os parâmetros referentes aos pacotes de dados e a restrição de tempo — 60 segundos —, mas variaram o limiar quantitativo entre o valor mínimo e o máximo. Já o experimento 8 manteve os mesmos valores que os experimentos anteriores para os parâmetros referentes aos pacotes de dados, mas com uma restrição de tempo ainda mais reduzida ainda — 30 segundos. Por fim, o experimento 9 conservou os valores do experimento anterior para todos os parâmetros, com exceção da largura de banda total, que foi elevada para 50.000.

Tabela 2 - Parâmetros utilizados nos experimentos

Experimento	Tamanho da missão	Universo dos dados	Tamanho dos bancos de dados	Largura de banda total	Limiar quantitativo	Restrição de tempo
1	10.000	90.000	30.000	7075	1,0	300
2	6.000	54.000	18.000	7075	1,0	300
3	3.000	30.000	10.000	7075	0,1	60
4	3.000	30.000	10.000	7075	0,2	60
5	3.000	30.000	10.000	7075	0,5	60
6	3.000	30.000	10.000	7075	0,8	60
7	3.000	30.000	10.000	7075	1,0	60
8	3.000	30.000	10.000	7075	1,0	30
9	3.000	30.000	10.000	50.000	1,0	30

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Os resultados dos experimentos podem ser conferidos na Tabela 3. Observa-se que o modelo não conseguiu reproduzir o fenômeno de sobrecarga informacional, tendo em vista que o perfil de rede descentralizado produziu os melhores indicadores de desempenho em todos os experimentos.

Tabela 3 - Resultados dos experimentos

Experimento 1				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	5,19%	0,44%	94,81%
Rede híbrida	30	5,10%	0,43%	94,90%
Rede descentralizada	30	8,28%	0,67%	91,72%
Experimento 2				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	10	8,18%	0,87%	91,82%
Rede híbrida	10	8,21%	0,87%	91,79%
Rede descentralizada	10	10,61%	1,09%	89,39%
Experimento 3				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	1,04%	0,56%	98,96%
Rede híbrida	30	1,04%	0,56%	98,96%
Rede descentralizada	30	1,26%	0,67%	98,74%
Experimento 4				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	1,84%	0,88%	98,16%
Rede híbrida	30	1,91%	0,91%	98,09%
Rede descentralizada	30	2,07%	0,98%	97,93%
Experimento 5				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	3,31%	1,15%	96,69%
Rede híbrida	30	3,45%	1,19%	96,55%
Rede descentralizada	30	4,70%	1,59%	95,30%
Experimento 6				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	4,47%	1,45%	95,53%
Rede híbrida	30	4,01%	1,33%	95,99%
Rede descentralizada	30	5,71%	1,84%	94,29%
Experimento 7				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	3,46%	1,16%	96,54%
Rede híbrida	30	4,09%	1,32%	95,91%
Rede descentralizada	30	6,02%	1,91%	93,98%
Experimento 8				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	3,31%	1,15%	96,69%
Rede híbrida	30	3,45%	1,19%	96,55%
Rede descentralizada	30	4,70%	1,59%	95,30%
Experimento 9				
	Número de rodagens	Eficácia	Eficiência	Incerteza residual
Rede centralizada	30	10,00%	3,81%	90,00%
Rede híbrida	30	9,89%	3,77%	90,11%
Rede descentralizada	30	10,49%	3,91%	89,51%

* Indicadores forem arredondados e transformados em porcentagem.

Fonte: elaborado pelo autor em 2018.

Os resultados dos experimentos desafiam nossa hipótese inicial, pois a rede descentralizada está relacionada a um desempenho superior para os três indicadores — eficácia, eficiência e incerteza residual — em todos os nove experimentos. Porém, como o modelo ainda requer uma série de aperfeiçoamentos, os resultados não são conclusivos e devem ser postos à prova em experimentos futuros.

Uma possível explicação para a diferença entre esses resultados preliminares e nossas hipóteses de pesquisa está no fato de que o modelo utiliza valores muito pequenos para parâmetros cruciais, particularmente os pacotes de dados. Conforme vimos no início do artigo, a sobrecarga informacional é um fenômeno bem documentado e debatido na literatura, mas os casos estudados sempre envolvem um fluxo de dados em quantidades muito superiores às que reproduzimos nos experimentos. A razão para não trabalharmos com uma quantidade maior de dados está nas limitações do modelo em termos de sua operacionalidade. Ao elevarmos o valor de certos parâmetros como tamanho total da missão ou tamanho dos bancos de dados, a execução do código se torna extremamente lenta a ponto de congelar o *software*. Assim, pelo menos no presente momento, parâmetros cruciais para a consistência do modelo tiveram de ser mantidos em valores reduzidos e distantes da realidade. Por exemplo, o tamanho máximo dos bancos de dados utilizado nos experimentos, 30kB, é muitas vezes inferior à capacidade de armazenamento dos antigos disquetes (*floppy disks*).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção deste artigo foi retomar o debate em torno do conceito de Guerra Centrada em Redes a partir de um viés crítico. Para isso realizamos, inicialmente, uma revisão das bases teórico-doutrinárias do conceito, relacionando-o com uma tradição que remonta à *auftragstaktik*, à cibernética e à complexidade. No mesmo capítulo, trouxemos uma série de críticas feitas à Guerra Centrada em Redes, entre as quais a ocorrência da sobrecarga informacional em redes descentralizadas. É justamente esse fenômeno que, no capítulo seguinte, tentamos reproduzir através da simulação computacional. Assim, apresentamos o modelo conceitual da simulação através de um método chamado Protocolo ODD e, em seguida, apresentamos o resultado dos experimentos realizados, os quais vão de encontro a nossa hipótese inicial de que redes descentralizadas causam necessariamente sobrecarga informacional.

Vimos, na análise dos resultados, que o modelo ainda requer uma série de ajustes para ser considerado plenamente operacional. O código deve ser revisto de forma a permitir simulações com valores maiores para os parâmetros relacionados ao fluxo de dados. Através disso, espera-se que o modelo seja capaz de reproduzir o fenômeno da sobrecarga informacional. Além disso, é necessário buscar critérios para o estabelecimento dos parâmetros iniciais que estejam melhor amparados em estudos empíricos. Um exemplo importante é verificar como a doutrina e a prática militar restringe o tempo disponível para a coleta de dados

e a tomada de decisão. Outro aspecto a ser aperfeiçoado no modelo diz respeito à introdução de elementos estocásticos com o intuito de reproduzir a noção clausewitziana de fricção. Uma possibilidade está em uma variável referente à atenuação da informação, isto é, a quantidade de informação perdida na comunicação entre dois agentes devido a erros de interpretação ou problemas de conexão.

Temos um longo caminho pela frente antes de declarar uma confirmação ou refutação teórica da GCR ou de outras doutrinas que pregam o emprego de estruturas descentralizadas em forças militares. Mas os argumentos que reunimos em nossa revisão crítica sobre as abordagens de C2 trazem um alerta sobre o risco de sobrecarga informacional em organizações que adotam perfis de rede descentralizados. No caso das forças militares, é uma recomendação de cautela frente a doutrinas que pregam a descentralização como valor absoluto, tanto em termos de distribuição de informação quanto de tomada de decisão.

3 AGENDA DE PESQUISA

Ao longo desta dissertação, elaboramos uma crítica ao viés tecnocrático presente nas atuais abordagens sobre comando e controle (C2), particularmente na Guerra Centrada em Redes (GCR). Nosso argumento se dividiu em duas partes. Na primeira, discutimos a relação da GCR com os discursos teórico-doutrinários que a precederam, tal como a *auftragstaktik*, a cibernética, o ciclo OODA, a noção de complexidade e a Nova Economia. Tentamos demonstrar que a GCR representa uma síntese dessas influências. O foco de nosso trabalho, no entanto, foi o desenvolvimento de um modelo computacional que nos permitisse testar as hipóteses da GCR. Adotamos como metodologia uma técnica chamada de modelagem baseada em agentes (MBA), voltada ao estudo de propriedades emergentes em sistemas complexos.

Sobre a elaboração do modelo computacional, ficou claro desde as etapas iniciais que o principal desafio não estava na definição dos algoritmos ou sua tradução para uma determinada linguagem de programação. O núcleo do esforço de pesquisa estava, antes, na modelagem conceitual de um sistema de C2 e de seus processos básicos – coleta, processamento e transmissão de dados. Isso talvez explique o motivo por trás da raridade de trabalhos que utilizam a modelagem computacional como ferramenta de pesquisa científica. Além disso, os poucos trabalhos que existem menosprezam a etapa de modelagem conceitual, partindo direto para o código. Por conta disso, tais modelos tornam-se difíceis de serem compreendidos do ponto de vista substantivo.

A maior parte dos trabalhos também falha em esclarecer o funcionamento do modelo de forma a proporcionar sua replicação. A esse respeito, a descrição dos métodos formais é geralmente tratada como uma etapa secundária, abaixo da tradicional etapa de confirmação das hipóteses de trabalho. A contribuição de um modelo computacional, no entanto, raramente se encaixa nesse formato. Ao contrário dos modelos baseados em equações matemáticas, os quais envolvem parâmetros bem definidos e referenciados empiricamente, os modelos computacionais, sobretudo na MBA, se debruçam sobre fenômenos cujos parâmetros são difíceis ou mesmo impossíveis de determinar objetivamente.

Esse alto grau de abstração, no entanto, não deve ser encarado como um obstáculo. Pelo contrário, a contribuição dos modelos computacionais está em seu caráter de experimentação, e não na busca por um realismo rígido. Por isso, ao longo da pesquisa priorizamos a adoção de técnicas que nos permitissem descrever nosso modelo computacional de forma que tanto seus aspectos técnicos quanto conceituais possam ser compreendidos e, por conseguinte, replicados por outros pesquisadores interessados no assunto. Sob esse aspecto, ressaltamos a importância

de ferramentas de modelagem conceitual como o Protocolo ODD, pois elas forçam os programadores a incluir, dentro da descrição do modelo, aspectos essenciais para a compreensão do modelo pelo público externo.

Somando os requisitos técnicos, o esforço criativo necessário e os problemas de caráter epistemológico que mencionamos anteriormente, é fácil entender por que a modelagem computacional ocupa uma espécie de limbo dentro do meio acadêmico, independentemente da área. No entanto, acreditamos que a modelagem computacional, se bem fundamentada, pode constituir uma agenda de pesquisa sólida para os estudos estratégicos.

Agora, levantaremos alguns pontos relativos aos próximos passos que julgamos importantes para uma agenda de pesquisa baseada no C2. Em primeiro lugar, nosso contato com a literatura de GCR revelou algumas lacunas significativas. Não há, por exemplo, estudos sobre como se sua absorção da GCR pelo oficialato estadunidense. Esse tipo de estudo é essencial para avaliar até que ponto a GCR foi de fato uma doutrina influente ou se ela se resume a uma tentativa frustrada de modernização militar. Além disso, apesar da abundância de trabalhos que criticam ou defendem a GCR do ponto de vista teórico, por outro lado uma análise com base em evidências empíricas permanece deficiente. Em suma, ainda sabemos muito pouco sobre os efeitos da GCR.

Também, cabe apontar que a literatura pró-GCR nos Estados Unidos sofre de pouca transparência quanto aos vínculos institucionais de seus articuladores. Como exemplo, nossa revisão da literatura menciona que a defesa da GCR, ou dos discursos tecnocráticos em geral, está associada a um determinado grupo dentro do aparato de segurança nacional dos Estados Unidos. A base desse grupo inclui alguns pesquisadores civis e oficiais militares. Sua liderança, contudo, é dominada por civis que trabalham para institutos de pesquisa ou órgãos governamentais dos Estados Unidos cujo prestígio é projetado justamente através de discursos radicais sobre a natureza da guerra contemporânea, dentro dos moldes da RAM.

De qualquer forma, é possível afirmar que, embora a doutrina de GCR ainda seja considerada uma referência em alguns círculos, ela tem desaparecido gradualmente da literatura pelo menos desde 2004, ano em que George W. Bush assume seu segundo mandato. Tendo acumulado uma série de controvérsias, entre as quais os resultados medíocres das Guerras do Afeganistão e do Iraque, o segundo governo Bush foi marcado por uma postura mais contida quanto ao emprego de forças militares. Além do questionamento da população em geral sobre a racionalidade dessas guerras, entre os militares pairava a noção de que as baixas resultantes da ocupação estavam bem acima do desejado, sobretudo considerando o grau de superioridade militar dos Estados Unidos frente aos países ocupados.

A extinção do OFT em 2006, serve como marco desse momento da reorientação teórico-doutrinária nos Estados Unidos. É difícil refutar a noção de que a existência desse órgão era completamente dependente da influência de Arthur Cebrowski no Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Cebrowski ocupou a direção do OFT desde sua criação em 2001 até fevereiro de 2005, tendo falecido em novembro do mesmo ano. A extinção do OFT, em 2006, possivelmente teve um caráter meramente simbólico. O legado de Cebrowski já havia sido refutado ao longo da Operação Liberdade Duradoura e da Operação Liberdade do Iraque.

No caso do Brasil, a inclusão da GCR em documentos doutrinários permanece relativamente fora do âmbito das críticas que fizemos ao longo deste trabalho. Não há na versão brasileira o viés tecnocrático ou as propostas de *downsizing* que geralmente acompanham a GCR. Pelo contrário, a GCR, nos termos de nossa doutrina, submete-se à tradição das nossas instituições militares, não se impondo como uma proposta revolucionária para a conduta da guerra. Essa, ao nosso ver, é a melhor interpretação possível para a GCR.

Em último lugar, apesar de nossa posição de que as máquinas não são substitutas viáveis para o fator humano na conduta da guerra, especialmente em processos decisórios, é necessário reconhecer que essa é a tendência para as próximas décadas, a despeito das controvérsias já evidentes no emprego de veículos aéreos não tripuláveis com capacidade de tiro. A robotização do processo decisório será causada pela percepção de que as limitações cognitivas do fator humano restringem o desempenho das forças militares, uma ideia cuja origem está em uma interpretação equivocada sobre a própria natureza da guerra, a qual constitui um fenômeno inerentemente humano.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, David S.; CZERWINSKI, Thomas J. (Ed.). **Complexity, Global Politics, and National Security**. Washington, D.C.: National Defense University, 1997. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/Alberts_Complexity_Global.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- ALBERTS, David S.; HAYES, Richard E.. **Power to the Edge: Command and Control in the Information Age**. Washington, D.C.: Command and Control Research Program, 2003. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/Alberts_Power.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- _____. **Understanding command and control**. Washington, D.C.: Command and Control Research Program, 2006. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/Alberts_UC2.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- ALBERTS, David. S. et al. **C2 by Design: Putting Command and Control Agility Theory into Practice (Version 2.0)**. Alexandria: Institute for Defense Analyses, 2015. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/c2agility_handbook.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- ANDERSON, Philip Warren. More is different. **Science**, Washington, D.C., v. 177, n. 4047, p. 393-396, Aug 1972. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1734697>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- ANDRIOLE, Stephen J.. Leveraging command and control via enhanced command decisionmaking: prospects for a behavioral theory of command and control. **Defense Analysis**, London, v. 4, n. 3, p. 253-265, 1988. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/07430178808405356>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- ARQUILLA, John; RONFELDT, David. A New Epoch – and Spectrum – of Conflict. In: _____. **In Athena's Camp: Preparing for Conflict in the Information Age**. Santa Monica: RAND, 1997. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.7249/mr880osd-rc>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- ASPIN, Les; DICKINSON, Willian. **Defense for a New Era: Lessons of the Persian Gulf War**. McLean: Brassey's, 1992.
- AXELROD, Robert. Advancing the art of simulation in the social sciences. In: CONTE, Rosaria; HEGSELMANN, Rainer; TEMO, Pietro (Eds.). **Simulating social phenomena**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 21-40. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~axe/research/AdvancingArtofSim.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- BACKBONE. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. 2017. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Citar&page=Backbone&id=49213344>>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- BAKER, Matthew E.. **Human Factors in Network Centric Warfare** [paper submitted to the Faculty of the Naval War College in partial satisfaction of the requirements of the Department of Joint Military Operations]. Newport: Naval War College, 2002. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a405862.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BAOFU, Peter. **The future of complexity**: conceiving a better way to understand order and chaos. Singapore: World Scientific, 2007. Disponível em: <<https://leseprobe.buch.de/images-adb/ca/1d/ca1dcc1b-5a77-406a-9113-06d10874ab82.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BERTALANFFY, Ludwig von. **General Systems Theory**: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968.

BIDDLE, Stephen. The past as prologue: Assessing theories of future warfare. **Security Studies**, London, v. 8, n. 1, p. 1-74, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09636419808429365>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BLASH, Edmund C.. Network-Centric Warfare Requires A Closer Look. **SIGNAL Magazine**, Fairfax, May 2003. Disponível em: <<https://www.afcea.org/content/?q=node/234>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BOLIA, Robert S.; VIDULICH, Michael A.; NELSON, W. Todd. Unintended Consequences of the Network-Centric Decision Making Model: Considering the Human Operator. In: Command and Control Research and Technical Symposium, 11, 2006. **Proceedings...** [S.l.]: Command and Control Research Program, 2006. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a444628.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BOUSQUET, Antoine James Aime. **The scientific way of warfare**: order and chaos on the battlefields of modernity. 2007. 251 f.. Thesis (PhD) – London School of Economics and Political Science, University of London, London. Disponível em: <<http://etheses.lse.ac.uk/2703/1/U615652.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BOUSQUET, Antoine James Aime; CURTIS, Simon. Beyond models and metaphors: complexity theory, systems thinking and international relations. **Cambridge Review of International Affairs**, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 43-62, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09557571.2011.558054>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BRASIL. **Programação do Ministério da Defesa: Plano Plurianual 2016-2019**. [s.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/lai/acoes_programas/ppa/caderno_ppa2016_2019.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BRASIL. Exército Brasileiro. Manual de Campanha Comando e Controle. **EB20-MC-10.205**. Brasília, DF: Secretaria-Geral do Exército, 2015a. Disponível em: <<http://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/79/1/EB20-MC-10.205.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Doutrina Militar de Comando e Controle. **MD31-D-03** [documento em caráter experimental]. 2006. Disponível em: <http://www.defesa.mil.br/arquivos/File/legislacao/emcfa/publicacoes/md31_d_03_doutrina_milc2_1a_ed2006.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____. Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle. **MD31-M-03**. 2015b. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/doutrina_militar/lista_de_publicacoes/md31_m_03_dout_sismc_3_ed_2015.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BUILDER, Carl H.; BANKES, Steven C.; NORDIN, Richard. **Command Concepts: A Theory Derived from the Practice of Command and Control**. Santa Monica: RAND, 1999. Disponível em:

<https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2006/MR775.pdf>.

Acesso em: 14 mar. 2018.

CATERINICCHIA, Dan; FRENCH, Matthew. Network-Centric Warfare: Not There Yet. **Federal Computer Week**, Vienna, June 2003. Disponível em:

<<https://fcw.com/Articles/2003/06/09/Networkcentric-warfare-Not-there-yet.aspx>>. Acesso em: 4 nov. 2017.

CEBROWSKI, Arthur K.; GARSTKA, John J. Network-centric warfare: Its origin and future. **Proceedings Magazine**, Annapolis, v. 124, n. 1, 1998. Disponível em:

<http://www.kinexion.com/ncoic/ncw_origin_future.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

CEPIK, Marco Aurélio Chaves; MARTINS, José Miguel Quedi. Defesa Nacional Antimíssil dos EUA: a lógica da preempção e suas implicações internacionais. In: ARTURI, Carlos Schmidt (Org.). **Políticas de Defesa, Inteligência e Segurança**. Porto Alegre: UFRGS/CEGOV, 2014. p. 14-47. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/cegov/files/pub_38.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

CERUZZI, Paul E.. **Computing: a concise history**. Cambridge: MIT Press, 2012.

COAKLEY, Thomas P. (Ed.). **C3I: Issues of Command and Control**. Washington, D.C.: National Defense University, 1991. Disponível em:

<<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a264195.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

COHEN, Eliot. Technology and Warfare. In: BAYLIS, John et al.. **Strategy in the Contemporary World: An Introduction to Strategic Studies**. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 235-253.

COLLINS, Jeffrey; FUTTER, Andrew. **Reassessing the Revolution in Military Affairs: Transformation, Evolution and Lessons Learnt**. New York: Palgrave MacMillan, 2015.

CREVELD, Martin L. van. **Command in war**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

_____. **Technology and war: From 2000 BC to the present**. New York: Simon and Schuster, 2010.

CROPLEY, David H.; SPROLES, Noel; COOK, Stephen C.. The science of command and control (C2). **Journal of battlefield technology**, [s.l.] , v. 8, n. 1, p. 15, 2005. Disponível em:

<<https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=072242585582917;res=IELENG>>.

Acesso em: 14 mar. 2018.

DAHL, Erik J. Network centric warfare and the death of operational art. **Defence Studies**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 1-24, 2002. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1080/14702430208405009>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DAVIS, Norman C.. An Information-Based Revolution in Military Affairs. In: **In Athena's Camp: Preparing for Conflict in the Information Age**. Santa Monica: RAND, 1997.

Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.7249/mr880osd-rc>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DEKKER, Anthony H.. Analyzing C2 Structures and Self-Synchronization with Simple Computational Models. In: Command and Control Research and Technical Symposium, 16, 2011. **Proceedings...** [S.l.]: Command and Control Research Program, 2011. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA546913>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DUARTE, Érico Esteves. **Conduta da guerra na era digital e suas implicações para o Brasil**: uma análise de conceitos, políticas e práticas de defesa. Brasília DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. (Texto para Discussão). Disponível em: <http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1760.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

FANNING JR., William J.. The origin of the Term “Blitzkrieg”: Another View. **The Journal of Military History**, v. 61, n. 2, p. 283-302, Apr. 1997. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2953968>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

FERRIS, John. Netcentric warfare, C4ISR and information operations: Towards a revolution in military intelligence? **Intelligence & National Security**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 199-225, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/0268452042000302967>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

FISHER JR., Richard D.. **China's Military Modernization**: Building for Regional and Global Reach. Westport: Praeger Security International, 2008.

FRANZ, George F.. **Decentralized Command and Control of High-Tech Forces**: Aligning Practice with Doctrine at the Operational Level [paper submitted to the Faculty of the Naval War College in partial satisfaction of the requirements of the Department of Joint Military Operations]. Newport: Naval War College, 2004. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a422796.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

FREITAS, Marco Túlio Delgobbo. O Emprego do Network Centric Warfare, a Doutrina e a Integração: o caso do Reino Unido. **Revista Política Hoje**, Recife, v. 24, n. 1, p. 99-116, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3735>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

FRIEDRICH Hayek. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. 2018. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Hayek>. Acesso em: 29 nov. 2017.

FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TÓVOLLI, Marina H.. (Eds.). **Modelagem de Sistemas Complexos para políticas públicas**. Brasília, DF: IPEA, 2015. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/150727_livro_modelagem_sistemas.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GARSTKA, John. Network-Centric Warfare Offers Warfighting Advantage. **SIGNAL Magazine**, Fairfax, May 2003. Disponível em: <<https://www.afcea.org/content/network-centric-warfare-offers-warfighting-advantage>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GIFFIN, Ralph E.; REID, Darryn J.. **A Woven Web of Guesses, Canto One**: Network Centric Warfare and the Myth of the New Economy [paper proposed to the 8th International Command and Control Research & Technology Symposium]. Washington, D.C.: Command and Control Research Program, 2003. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/events/8th_ICCRTS/pdf/108.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GILBERT, Nigel. **Agent-Based Models**. Thousand Oaks: SAGE, 2008.

GONZALES, Daniel et al.. **Network-centric Operations Case Study: The Stryker Brigade Combat Team**. Santa Monica: Office of Force Transformation, 2005. Disponível em: <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG267-1.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GOYAL, Suresh K.; DESHMUKH, S. G.. A critique of the literature on just-in-time manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**, Brussels, v. 12, n. 1, p. 18-28, 1992. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/EUM0000000001293>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GRAY, Colin S.. **Nuclear Strategy and National Style**. Lanham: Hamilton Press, 1986.

GRIMM, Volker et al.. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 198, p. 115-126, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GRIMM, Volker et al.. The ODD protocol: A review and first update. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 221, p. 2760-2768, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GROSS, Gerhard. Development of Operational Thinking in the German Army in the World War Era. **Journal of Military and Strategic Studies**, Calgary, v. 13, n. 4, Summer 2011. Disponível em: <<http://jmss.org/jmss/index.php/jmss/article/view/419/425>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GUHA, Manabrata. Behind the network paradise: Speculations on Armed Conflict in a Time of Interactive Emergencies. **CLAWS Journal**, p. 183-190, Summer 2011. Disponível em: <<http://eprints.nias.res.in/853/1/2011-Manabrata%20Guha-CJ%20Summer%202011.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

HERMAN, Michael. **Intelligence Power in Peace and War**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

HILBERT, Martin; LÓPEZ, Priscila. The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. **Science**, Washington, D.C., v. 332, n. 6025, p. 60-65, 2011. Disponível em: <<https://www.uvm.edu/pdodds/files/papers/others/2011/hilbert2011a.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

HØIBACK, Harald. What is Doctrine? **The Journal of Strategic Studies**, [s.l.], v. 34, n. 6, p. 879-900, Dec 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01402390.2011.561104>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

JOHNSON, Neil. **Simply complexity: A clear guide to complexity theory**. Oxford: Oneworld Publications, 2009.

KAMRADT, Hank. **Information Sufficiency and the Operational Commander: A Cautionary Tale**. 2003. Thesis (Master) – US Naval War College, Newport.

KEITHLY, David M.; FERRIS, Stephen P.. Auftragstaktik, or Directive Control, in Joint and Combined Operations. **Parameters**, Carlisle, v. 29, n. 3, p. 118, 1999. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/fire/doctrine/philosophy/source_materials/auftragstaktik-keithly_and_ferris.doc>. Acesso em: 14 mar. 2018.

KEOHANE, Robert O.; NYE, Joseph S.. Power and Interdependence in the Information Age. **Foreign Affairs**, [s.l.], v. 77, n. 5, p. 81-94, Sep/Oct 1998. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/1998-09-01/power-and-interdependence-information-age>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

KNORR JR., Marvin. **The Development of German Doctrine and Command and Control and its Application to Supporting Arms, 1832-1945**. 1991. 210 f.. Thesis (Master of Science in Systems Technology) – Naval Postgraduate School, Monterey. Disponível em: <<https://calhoun.nps.edu/handle/10945/28121>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

LAWSON, Joel. Command control as a process. **IEEE Control Systems Magazine**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 5-11, 1981. Disponível em: <<http://ieeecs.org/CSM/library/1981/march/w05-11.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MALLESON, Nick. Calibration of Simulation Models. In: BRUINSMA, G.; WEISBURD, D. **Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice**. New York: Springer-Verlag, 2014. p. 243-252.

MARTINS, José Miguel Quedi. **Digitalização e guerra local: como fatores do equilíbrio internacional**. 2008. 316 f.. Tese (Doutorado em Ciência Política) – Programa de Pós-graduação em Ciência Política, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/14405>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MINERAÇÃO de dados. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Minera%C3%A7%C3%A3o_de_dados>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MITCHELL, Paul T.. **Digital divide: networks, armies and coalitions [RSIS commentaries]**. Singapore: Nanyang Technological University, 2007. Disponível em: <<https://www.rsis.edu.sg/wp-content/uploads/2014/07/CO07049.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MOFFAT, James. **Complexity Theory and Network Centric Warfare**. Washington, D.C.: Command and Control Research Program, 2003. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/Moffat_Complexity.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MURRAY, Williamson. Clausewitz Out, Computer In: Military Culture and Technological Hubris. **The National Interest**, Washington, D.C., n. 48, p. 57-64, Summer 1997. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/42897124>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

NAVEH, Shimon. **In pursuit of military excellence: The evolution of operational theory**. London: Frank Cass, 1997.

NICHOL, Jim. **Russian Military Reform and Defense Policy**. Washington, D.C.: Congressional Research Service, 2011. Disponível em: <<https://fas.org/sgp/crs/row/R42006.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

OH, Ann. Network-centric Warfare and the Globalization of Technology: transforming simple tools into dangerous weapons. **Berkeley Scientific Journal**, v. 12, n. 1, 2009. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/1dn5j7gh>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ORR, George E.. **Combat Operation C3I: Fundamentals and Interactions**. Montgomery: Air University Press, 1983. Disponível em: <<http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/au/orr.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

OSINGA, Frans. **Science, Strategy and War: The Strategic Theory of John Boyd**. Delfit: Eburon Academic Publishers, 2007. Disponível em: <http://www.projectwhitehorse.com/pdfs/ScienceStrategyWar_Osinga.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

PEPINSKY, Thomas B.. From agents to outcomes: simulation in international relations. **European Journal of International Relations**, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 367-394, 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1354066105055484>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

PORCHE III, Isaac R.; Wilson, Bradley. **The impact of network performance on warfighter effectiveness**. Santa Monica: RAND, 2006. (Technical Report). Disponível em: <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR329.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

POSEN, Barry. **The sources of military doctrine: France, Britain, and Germany between the world wars**. Ithaca: Cornell University Press, 1986. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctt1287fp3>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

PROENÇA JR., Domício; DINIZ, Eugênio. **Política de defesa no Brasil: uma análise crítica**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1998.

RICHARDSON, Kurt A.; MATHIESON, Graham; CILLIERS, Paul. **Complexity Thinking and Military Operational Analysis** [paper]. [s.l.]: [s.n.], 2003. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.12.5685&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

ROMJUE, John L.. **American Army Doctrine for the Post-Cold War**. Fort Monroe: United States Army Training and Doctrine Command, 1997.

SAGAN, Scott D.. The origins of military doctrine and command and control systems. In: LAVOY, Peter R.; SAGAN, Scott D.; WIRTZ, James J.. **Planning the Unthinkable: how new powers will use nuclear, biological, and chemical weapons**. Ithaca: Cornell University Press, 2000. p. 16-46. Disponível em: <>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SCHERRER, Joseph H.. **Risks and Vulnerabilities of Network-Centric Forces: Insights from the Science of Complexity** [paper submitted to the Faculty of the NWC in partial satisfaction of the requirements of the JMO Department]. Newport: Naval War College, 2003. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a415474.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SHANNON, Claude Elwood. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 623–656, Oct 1948. Disponível em:

<<http://math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SINNREICH, Richard Hart. Variables and Constants: How the Battle Command of Tomorrow Will Differ (or Not) from Today's. In: KOTT, Alexander (Ed.). **Battle of Cognition: The Future Information-Rich Warfare and the Mind of the Commander**. Westport: Praeger Security International, 2008. p. 10-36.

SNYDER, Frank M.. **Command and Control: The Literature and Commentaries**. Washington D.C.: National Defense University, 1993. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a276649.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

THE MILITARY BALANCE: The annual assessment of global military capabilities and defence economics, v. 110, 2010, London: International Institute for Strategic Studies. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/toc/tmib20/110/1>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____, v. 111, 2011. London: International Institute for Strategic Studies. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/toc/tmib20/111/1>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____, v. 115, 2015. London: International Institute for Strategic Studies. Disponível em: <<https://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2015-5ea6>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

THUNHOLM, Peter et al.. Exploring Alternative Edge versus Hierarchy C2 Organizations using the ELICIT Platform with Configurable Chat System. **The International C2 Journal**, Washington, D.C., v. 3, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/IC2J_v3n2_04_Thunholm.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

TOFFLER, Alvin. **Future Shock**. New York: Random House, 1970.

TOFFLER, Alvin; Toffler, Heidi. **War and Anti-War: Survival at the Dawn of the 21st Century**. New York: Warner Books, 1993.

TOOMEY, Cristopher J.. C4ISR in the Stryker Brigade Combat Teams. **Military Review**, [s.l.], v. 83, n. 3, May/June 2003.

UNITED STATES OF AMERICA – USA. **Joint Vision 2020 – America's Military: Preparing for Tomorrow**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 2000. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a526044.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

UNITED STATES OF AMERICA – USA. Department of Defense. Network Centric Warfare. **Report to Congress**. [S.l.]: Command and Control Research Program. 2001. Disponível em: <http://www.dodccrp.org/files/ncw_report/report/ncw_main.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

UNITED STATES OF AMERICA – USA. Department of Defense. Office of Force Transformation. **The Implementation of Network-Centric Warfare**. Washington, D.C.: Office of the Secretary of Defense, 2005. Disponível em: <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/transformation/oft_implementation_ncw.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

VEGO, Milan N.. **Operational Warfare at Sea: Theory and practice**. London: Routledge, 2009.

WALBY, Sylvia. Complexity theory, systems theory, and multiple intersecting social inequalities. **Philosophy of the Social Sciences**, Toronto, v. 37, p. 449-470, 2007. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0048393107307663>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

WALLACE, William S.. Network-Enabled Battle Command. **RUSI Defence Systems**, London, p. 20-22, Spring 2005.

WESENSTEN, Nancy J.; BELENKY, Gregory; BALKIN, Thomas J.. Cognitive readiness in network-centric operations. **Parameters**, Carlisle, v. 35, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://ssi.armywarcollege.edu/pubs/parameters/articles/05spring/wesenste.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

WIENER, Norbert. Cybernetics. **Scientific American**, [s.l.], v. 179, n. 5, p. 14-19, 1948. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/24945913>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

WILENSKY, Uri. **Netlogo**. Northwestern University, 2017. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>. Acesso em: 6 dez. 2017.

WILSON, Clay. **Network Centric Operations: Background and Oversight Issues for Congress**. Congresso dos Estados Unidos. Washington, D.C.: Congressional Research Service, 2007. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA466624>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____. **Network Centric Warfare: Background and Oversight Issues for Congress**. Congresso dos Estados Unidos. Washington, D.C.: Congressional Research Service, 2005. Disponível em: <<http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/crs/rl32411.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

APÊNDICE A — CÓDIGO EM NETLOGO

Tanto o software quanto a linguagem NetLogo foram criadas por Uri Wilensky, diretor do Centro para Aprendizagem e Modelagem Baseada em Computadores Interligados (CCL, sigla em inglês) da Universidade Northwestern nos Estados Unidos (WILENSKY, 2017). No NetLogo, existem quatro entidades básicas: *observer*, *turtles*, *patches* e *links*. O *observer* é uma entidade invisível que executa as instruções fornecidas pelo usuário, servindo como uma espécie de representante virtual. As *turtles* são entidades que circulam pelo mundo, ao passo que os *links* servem para conectar duas *turtles*, sendo geralmente utilizados para ilustrar algum tipo de relacionamento ou coletividade. *Turtles* e *links* podem pertencer a um *breed*, sendo que os integrantes de cada *breed* possuem características únicas que os diferenciam dos demais. Já os *patches* são quadrados que representam o chão sobre o qual as *turtles* se movimentam. Em nosso modelo, eles servem apenas como elementos gráficos.

Em nosso modelo, as *turtles* se dividem em dois *breeds*: *soldiers*, que são os indivíduos que compõem o sistema de C2, e *databanks*, que são uma representação abstrata da fonte de informações à disposição dos indivíduos. Os *links* possuem cinco *breeds*, mas que podem ser simplificados em dois grupos:

- a) *authorities*, *groups* e *networks*, que correspondem à estrutura do sistema de C2;
- b) *connections* e *network-connections*, que são *links* que servem como meio para o tráfego de dados entre os agentes.

Abaixo, apresentaremos o código do modelo, incluindo o código referente à configuração de sua interface (Quadros 3, 4, 5, 6 e 7).

Quadro 3 — Buttons

Nome	Código	Descrição
Crt-squad[x]	<pre>wait-click if mouse-down? [crt-squad-lvl1 ask soldiers with [(newcomer? = true) and (my-in-authorities = no- links)] [set-mouse-xycor set size 2 set color yellow] close-squad establish-network show-context]</pre>	Cria um grupo de nível x no local indicado pelo ponteiro do mouse.
Start	<pre>start</pre>	Solicita que o usuário clique no tomador de decisão e, em seguida, configura as características do sistema de C2, como o perfil de rede e a quantidade de bancos de dados.

Turn	turn	Avança a simulação em uma unidade de tempo.
Setup	setup	Limpa o mundo da simulação e configura suas principais características gráficas.
Inspect turtle	inspect-turtle-here	Solicita que o usuário clique em um indivíduo e, em seguida, abre uma janela contendo diversas informações sobre esse indivíduo.
Turtles-label	turtles-label	Exibe uma legenda para os indivíduos.
Show-context	show-context	Atualiza o contexto gráfico dos indivíduos (por exemplo, quais <i>links</i> são exibidos)
Links-label	links-label	Exibe uma legenda para os <i>links</i> .
Mouse drag	drag	Arrasta um indivíduo com o clique do mouse.
Layout	layout	Organiza a distribuição espacial dos indivíduos no mundo da simulação.
Show/hide networks	toggle-show-networks	Mostra ou esconde as conexões de rede entre os indivíduos.

Fonte: elaborado pelo autor em 2017.

Quadro 4 — Inputs

Variável global	Tipo	Descrição
avg-cognition	Number	Capacidade de processamento de dados dos indivíduos
total-bandwidth	Number	Largura de banda total compartilhada entre os indivíduos
mission-size	Number	Tamanho da missão em termos de quantidade de dados
global-data-size	Number	Amplitude do conjunto dos dados utilizados na simulação
storage-size	Number	Capacidade de armazenamento dos bancos de dados
avg-time-constraint	Number	Restrição de tempo dos indivíduos
n-of-databanks	Number	Número de bancos de dados presentes na simulação

Fonte: elaborado pelo autor em 2017.

Quadro 5 — Choosers

Variável global	Escolhas	Descrição
turtle-label-type	"none" "who" "role" "task1" "task2" "task3" "task4" "active-turtle?" "mission-pack" "report-pack" "ram" "storage" "cognition" "speed" "quanti-threshold" "squadvl" "addressee?"	Escolhe a legenda dos indivíduos.
link-label-type	"none" "data-flow" "group-level"	Escolhe a legenda dos <i>links</i> .
network-type	"1" "2" "3"	Escolhe o perfil de rede: 1 = centralizado; 2 = híbrido; 3 = descentralizado.

Quadro 6 — Switches

Variável	Descrição
compile-data	Habilita ou desabilita a visualização compilada ou por extenso dos dados.
show-authorities	Habilita ou desabilita a visualização dos vínculos de autoridade entre os indivíduos.
show-radio-connections	Habilita ou desabilita a visualização das conexões de dados entre os indivíduos.
show-databank-connections	Habilita ou desabilita a visualização das conexões entre indivíduos e bancos de dados.
show-network-connections	Habilita ou desabilita a visualização das conexões de dados entre indivíduos através da rede.

Fonte: elaborado pelo autor em 2017.

Quadro 7 — Sliders

Variável global	Mínimo	Incremento	Máximo	Descrição
avg-quantile-threshold	0,1	0,1	1	Define o limiar quantitativo dos indivíduos, isto é, quanto da missão eles precisam coletar antes de remeter um relatório.
spring-constant	0	0,0001	4	Configura a distribuição dos indivíduos no espaço bidimensional da simulação.
repulsion-constant	0	0,0001	4	Configura a distribuição dos indivíduos no espaço bidimensional da simulação.
spring-length	0	0,0001	4	Configura a distribuição dos indivíduos no espaço bidimensional da simulação.

Fonte: elaborado pelo autor em 2017.

```

extensions [nw cf]

globals [global-data started? mission]

turtles-own [addressee?]

breed [soldiers soldier]
soldiers-own [
  x my-network my-databanks newcomer?
  task1 task2 task3 task4 task5
  squadlvl role mission-pack report-pack ram rom
  streaming cognition quanti-threshold
  time-constraint bandwidth bandwidth-per-channel
]

breed [databanks databank]
databanks-own [storage]

directed-link-breed [authorities authority]

directed-link-breed [connections connection]
connections-own [data-flow function]

undirected-link-breed [networks network]

to startup
  setup
end

to setup
  clear-all
  ask patches [set pcolor 36]
  set-default-shape soldiers "person soldier"
  set-default-shape databanks "databank"
  set-default-shape authorities "authority"
  set-default-shape connections "connection"
  nw:set-context soldiers authorities
  reset-ticks
  set started? false
end

to start
  if started? = false [

```

```

set global-data range ( global-data-size + 1)
set global-data remove 0 global-data
set global-data shuffle global-data
if length global-data < mission-size [
  beep show "global-data deve ser maior ou igual ao mission-size"
  stop
]
issue-mission
if started? = true [
  create-databanks n-of-databanks [
    promote-databank setxy random-xcor random-ycor
    set storage n-of storage-size global-data
  ]
]
end

to issue-mission
print "Defina o remetente." wait-click
if mouse-down? [
  ask patch mouse-xcor mouse-ycor [
    let visible-here max-one-of soldiers in-radius 1 [squadlvl]
    if-else visible-here = nobody
    [print "Nenhum remetente encontrado." wait-unclick issue-mission]
    [ask visible-here [
      set mission n-of mission-size global-data
      set mission-pack mission
      print "Remetente definido."
      forward-mission
      set started? true
    ]
  ]
]
end

to turn
if started? = false [stop]
ask soldiers [
  set x 0
  if task1 != 0 or task2 != 0 [set x x + 1]
  if task4 != 0 [set x x + 1]
  if task5 != 0 [set x x + 1]
]
ask soldiers with [x != 0] [
  set bandwidth ceiling (total-bandwidth / (count soldiers with [x != 0]))
)
set bandwidth-per-channel ceiling (bandwidth / x)
]
ask soldiers with [task1 != 0] [run task1]
ask soldiers with [task2 != 0] [run task2]
ask soldiers with [task3 != 0] [run task3]
ask soldiers with [task4 != 0] [run task4]
ask soldiers with [task5 != 0] [run task5]
tick
end

to turn-auto
while [started? = true] [turn display]
end

```



```

to establish-network
  if network-type = "1" [
    ask soldiers [
      create-networks-with authority-neighbors
      if role = "analista" and squadlvl = 1 [
        let subordinates out-authority-neighbors ask subordinates [
          create-networks-with other subordinates
        ]
      ]
    ]
  ]
  if network-type = "2" [ask soldiers [
    create-networks-with authority-neighbors
    if role != "sensor" [
      let subordinates out-authority-neighbors
      ask subordinates [create-networks-with other subordinates]
    ]
  ]
  ]
  if network-type = "3" [ask soldiers [create-networks-with other soldiers]
  ]
  ask soldiers [set my-network network-neighbors]
  ask networks [die]
end

to forward-mission
  set streaming mission-pack
  create-connections-to out-authority-neighbors [
    promote-radio-connection
    ask end2 [set task2 [-> download]]
  ]
  set task1 [-> upload]
end

to upload
  let radio-connections my-out-connections with [function = "radio-
connection"]
  let available-bandwidth 1
  if radio-connections != no-links [
    set available-bandwidth ceiling (bandwidth-per-channel / (count radio-
connections) )
  ]
  repeat available-bandwidth [
    ask radio-connections [
      if [streaming] of endl != [] [
        set data-flow lput first [streaming] of endl data-flow
        ask endl [set streaming remove-item 0 streaming]
      ]
    ]
  ]
  if streaming = [] [set task1 0 stop]
  ]
end

to download
  let my-in-radio-connections my-in-connections with [function = "radio-
connection"]
  repeat bandwidth-per-channel [
    ask my-in-radio-connections with [data-flow != [] ] [
      ask end2 [set ram lput first [data-flow] of myself ram set bandwidth
bandwidth - 1]
    ]
  ]
end

```

```

        set data-flow remove-item 0 data-flow
        if data-flow = [] [stop]
    ]
    if bandwidth < 1 [stop]
]
ask my-in-radio-connections with [(data-flow = []) and ([streaming] of
endl = [])] [die]
if my-in-radio-connections = no-links [
    set task2 0
    let subordinate out-authority-neighbors
    if-else subordinate with [mission-pack != []] = no-turtles
    [set task3 [-> process-mission] ]
    [finish-research?]
]
end

to process-report
    if ram != [] [
        repeat cognition [
            set report-pack lput first ram report-pack
            set report-pack remove-duplicates report-pack
            set ram remove-item 0 ram
            if ram = [] [stop]
        ]
    ]
    if ram = [] [
        set task3 0
        if-else report-pack = [] [stop-tasks]
        [
            if-else role = "tomador de decisão"
            [if other soldiers with [x != 0] = no-turtles or (length report-pack
= length mission) [end-mission]]
            [forward-report]
        ]
    ]
end

to stop-tasks
    set task1 0 set task2 0 set task3 0 set task4 0 set task5 0 format ask
my-connections [die]
end

to process-mission
    if ram != [] [
        repeat cognition [
            set mission-pack lput first ram mission-pack
            set ram remove-item 0 ram
            if ram = [] [stop]
        ]
    ]
    if ram = [] [
        set task3 0
        if-else mission-pack = [] [stop-tasks] [
            if role = "analista" [forward-mission]
            if role = "sensor" [initiate-research]
        ]
    ]
end

to initiate-research
    set time-constraint ticks + avg-time-constraint

```

```

    if role = "sensor" [set my-databanks databanks set task4 [-> search-
databanks] ]
    set task5 [-> search-network]
end

to search-databanks
  if my-databanks != no-turtles and my-out-connections with [function =
"databank-connection"] = no-links [
    create-connection-to one-of my-databanks [promote-databank-connection
set data-flow [storage] of end2]
  ]
  repeat bandwidth-per-channel [
    ask my-out-connections with [function = "databank-connection" and
(data-flow != []) ] [
      let data one-of data-flow
      ask endl [set rom fput data rom]
      if member? data [mission-pack] of myself [
        ask endl [set ram fput data ram]
      ]
      set data-flow remove data data-flow
      if data-flow = [] [
        let my-current-databank end2
        ask endl [set my-databanks my-databanks with [self != my-current-
databank]]
        die
      ]
    ]
    set bandwidth bandwidth - 1
    if bandwidth < 1 [stop]
  ]
  if my-databanks = no-turtles [set task4 0]
  finish-research?
end

to search-network
  if my-network with [rom != []] != no-turtles and my-out-connections with
[function = "network-connection"] = no-links [
    create-connection-to one-of my-network with [rom != [] ] [promote-
network-connection set data-flow [rom] of end2]
  ]
  repeat bandwidth-per-channel [
    ask my-out-connections with [(function = "network-connection") and
(data-flow != []) ] [
      let data one-of data-flow
      ask endl [set rom fput data rom]
      if member? data [mission-pack] of myself [
        ask endl [set ram fput data ram]
      ]
      set data-flow remove data data-flow
      if data-flow = [] [
        let network-partner end2
        ask endl [set my-network my-network with [self != network-partner]]
        die
      ]
    ]
    set bandwidth bandwidth - 1
    if bandwidth < 1 [stop]
  ]
  if my-network with [rom != []] = no-turtles [set task5 0]
  finish-research?
end

```

```

to finish-research?
  if role = "sensor" [
    if (task4 = 0 and task5 = 0) or ((length rom) >= (quanti-threshold *
(length mission))) or (ticks >= time-constraint) [
      ask my-connections [die] set task4 0 set task5 0
      set ram remove-duplicates ram
      set task3 [-> process-report]
    ]
  ]
  if role = "analista" [
    let radio-connections my-in-connections with [function = "radio-
connection"]
    if (task5 = 0 and radio-connections = no-links) or ((length ram) >=
(quanti-threshold * (length mission))) or (ticks >= time-constraint) [
      ask my-connections [die]
      set task2 0 set task5 0 ask radio-connections [ask end1 [set task1 0]
die]
      set ram remove-duplicates ram
      set task3 [-> process-report]
    ]
  ]
  if role = "tomador de decisão" [set ram remove-duplicates ram set task3
[-> process-report] ]
end

to forward-report
  if report-pack != [] [
    set streaming report-pack
    create-connections-to in-authority-neighbors [
      promote-radio-connection
      ask end2 [set task2 [-> download]]
    ]
    set task1 [-> upload]
  ]
end

to end-mission
  show "FIM DA MISSÃO"
  output-type "Tempo transcorrido: " output-type ticks + 1 output-print "
segundos."
  output-type "Taxa de eficácia: " output-print (length report-pack /
length mission)
  output-type "Taxa de eficiência: " output-print (length report-pack /
length mission) / ((ticks + 1) / 60)
  output-type "Incerteza residual: " output-print ( (length mission -
length report-pack) / length mission )
  output-print "*"
  set started? false
end

to crt-squad-lvl1
  create-soldiers 5 [promote-soldier set role "sensor" set squadlvl 0]
  let new-ones soldiers with [no-authorities and (newcomer? = true)]
  ask one-of new-ones [
    promote-decision-maker
    set squadlvl 1
    create-authorities-to other new-ones [tie set color black]
    layout-circle out-authority-neighbors 1.5
  ]
end

```

```

to crt-squad-lvl2
  repeat n2.1 [crt-squad-lvl1]
  ask decision-makers with [(newcomer? = true) and (my-in-authorities = no-
links)] [promote-analyst]
  let sub-commanders analysts with [(newcomer? = true) and (my-in-
authorities = no-links)]
  create-soldiers 1 [
    promote-soldier
    promote-decision-maker
    set squadlvl 2
    create-authorities-to sub-commanders with [squadlvl < [squadlvl] of
myself] [tie set color black]
    layout-circle out-authority-neighbors 2
    let subordinates out-authority-neighbors
  ]
end

to crt-squad-lvl3
  repeat n3.2 [crt-squad-lvl2]
  repeat n3.1 [crt-squad-lvl1]
  ask decision-makers with [(newcomer? = true) and (my-in-authorities = no-
links)] [promote-analyst]
  let sub-commanders analysts with [(newcomer? = true) and (my-in-
authorities = no-links)]
  create-soldiers 1 [
    promote-soldier
    promote-decision-maker
    set squadlvl 3
    create-authorities-to other sub-commanders with [squadlvl < [squadlvl]
of myself] [tie set color black]
    layout-circle out-authority-neighbors 3
    let subordinates out-authority-neighbors
  ]
end

to crt-squad-lvl4
  repeat n4.3 [crt-squad-lvl3]
  repeat n4.2 [crt-squad-lvl2]
  repeat n4.1 [crt-squad-lvl1]
  ask decision-makers with [(newcomer? = true) and (my-in-authorities = no-
links)] [promote-analyst]
  let sub-commanders analysts with [(newcomer? = true) and (my-in-
authorities = no-links)]
  create-soldiers 1 [
    promote-soldier
    promote-decision-maker
    set squadlvl 4
    create-authorities-to other sub-commanders with [squadlvl < [squadlvl]
of myself] [tie set color black]
    layout-circle out-authority-neighbors 4
    let subordinates out-authority-neighbors
  ]
end

to crt-squad-lvl5
  repeat n5.4 [crt-squad-lvl4]
  repeat n5.3 [crt-squad-lvl3]
  repeat n5.2 [crt-squad-lvl2]
  repeat n5.1 [crt-squad-lvl1]
  ask decision-makers with [(newcomer? = true) and (my-in-authorities = no-

```

```

links)) [promote-analyst]
  let sub-commanders analysts with [(newcomer? = true) and (my-in-
authorities = no-links)]
  create-soldiers 1 [
    promote-soldier
    promote-decision-maker
    set squadlvl 5
    create-authorities-to other sub-commanders with [squadlvl < [squadlvl]
of myself] [tie set color black]
    layout-circle out-authority-neighbors 5
    let subordinates out-authority-neighbors
  ]
end

to close-squad
  ask soldiers with [newcomer? = true] [set newcomer? false]
end

to-report decision-makers
  report soldiers with [role = "tomador de decisão"]
end

to-report analysts
  report soldiers with [role = "analista"]
end

to-report no-authorities
  report (my-out-authorities = no-links) and (my-in-authorities = no-links)
end

to promote-soldier
  set newcomer? true set role ""
  set color white
  set cognition avg-cognition
  set quanti-threshold avg-quanti-threshold
  set task1 0
  set task2 0
  set task3 0
  set task4 0
  set task5 0
  format
end

to promote-decision-maker
  set role "tomador de decisão" set shape "person soldier commander"
end

to promote-analyst
  set role "analista" set shape "person soldier analyst" set color blue
end

to promote-databank
  set size 1
  format
end

to promote-radio-connection
  set function "radio-connection"
  set color yellow
  set data-flow []
  show-context

```

```

end

to promote-network-connection
  set function "network-connection"
  set color 94
  set data-flow []
  show-context
end

to promote-databank-connection
  set function "databank-connection"
  set color 114
  set data-flow []
  show-context
end

to update-bandwidth-per-channel
  if-else bandwidth < 1 [set bandwidth 1] [
    if-else my-connections = no-links [set bandwidth 0 set bandwidth-per-
channel 0] [set bandwidth-per-channel ceiling (bandwidth / count my-
connections) ]
  ]
end

to drag
  if any? turtles with [not hidden?] [
    if (mouse-down?) and (any? turtles) [
      let candidate min-one-of turtles with [hidden? = false] [distancexy
mouse-xcor mouse-ycor]
      if [distancexy mouse-xcor mouse-ycor] of candidate < 1 [
        watch candidate
        while [mouse-down?] [display ask subject [ setxy mouse-xcor mouse-
ycor] ]
        reset-perspective
      ]
    ]
  ]
end

to format
  if breed = soldiers [set ram [] set rom [] set mission-pack [] set
report-pack [] set streaming [] ]
  if breed = databanks [set storage []]
end

to set-mouse-xycor
  setxy mouse-xcor mouse-ycor
end

to wait-click
  if not mouse-down? [wait-click]
end

to wait-unclick
  if mouse-down? [wait-unclick]
end

to turtles-label
  if turtle-label-type = "none" [ask turtles [set label "" ] ]
  if turtle-label-type = "addressee?" [ask turtles [set label addressee?] ]
  if turtle-label-type = "task1" [ask turtles with [breed != soldiers] [set

```

```

label ""] ask soldiers [if-else task1 = 0 [set label ""] [
  let task-name (word task1) set task-name remove "(anonymous command: [
-> " task-name set task-name remove ")]" task-name set label task-name ]] ]
  if turtle-label-type = "task2" [ask turtles with [breed != soldiers] [set
label ""] ask soldiers [if-else task2 = 0 [set label ""] [
  let task-name (word task2) set task-name remove "(anonymous command: [
-> " task-name set task-name remove ")]" task-name set label task-name ]] ]
  if turtle-label-type = "task3" [ask turtles with [breed != soldiers] [set
label ""] ask soldiers [if-else task3 = 0 [set label ""] [
  let task-name (word task3) set task-name remove "(anonymous command: [
-> " task-name set task-name remove ")]" task-name set label task-name ]] ]
  if turtle-label-type = "task4" [ask turtles with [breed != soldiers] [set
label ""] ask soldiers [if-else task4 = 0 [set label ""] [
  let task-name (word task4) set task-name remove "(anonymous command: [
-> " task-name set task-name remove ")]" task-name set label task-name ]] ]
  if turtle-label-type = "task5" [ask turtles with [breed != soldiers] [set
label ""] ask soldiers [if-else task5 = 0 [set label ""] [
  let task-name (word task5) set task-name remove "(anonymous command: [
-> " task-name set task-name remove ")]" task-name set label task-name ]] ]
  if turtle-label-type = "ram" [ask soldiers [
    if-else ram = [] [set label ""] [if-else compile-data = true [set label
length ram] [set label ram] ]
  ]
  ask databanks [set label ""]
]
if turtle-label-type = "streaming" [ask turtles [
  if-else breed = soldiers [
    if-else streaming = [] [set label ""] [if-else compile-data = true
[set label length streaming]
[set label streaming]
  ]
]
[set label ""]
]
]
if turtle-label-type = "rom" [ask turtles [
  if-else breed = soldiers [if-else rom = [] [set label ""] [if-else
compile-data = true
[set label length rom]
[set label rom]
]
]
[set label ""]
]
]
if turtle-label-type = "storage" [ ask databanks [
  if-else storage = []
[set label ""]
[if-else compile-data = true
[set label length storage]
[set label storage]
]
]
ask turtles with [breed != databanks] [set label ""]
]
if turtle-label-type = "quanti-threshold" [ ask soldiers [set label
quanti-threshold] ]
if turtle-label-type = "mission-pack" [ask turtles [
  if-else breed = soldiers [
    if-else mission-pack = []
[set label ""] [if-else compile-data = true

```



```

        [set label length mission-pack]
        [set label mission-pack]
    ]
]
[set label ""]
]
]
if turtle-label-type = "report-pack" [
    ask turtles [
        if-else breed = soldiers [
            if-else report-pack = []
            [set label "" ] [if-else compile-data = true
                [set label length report-pack]
                [set label report-pack]
            ]
        ]
        [set label ""]
    ]
]
]
if turtle-label-type = "squadlvl" [ask soldiers [set label squadlvl] ]
if turtle-label-type = "role" [ask soldiers [set label role] ask turtles
with [breed != soldiers] [set label ""] ]
if turtle-label-type = "who" [ask turtles [ set label who] ]
if turtle-label-type = "cognition" [
    ask soldiers [set label cognition]
    ask turtles with [breed != soldiers] [set label ""]
]
if turtle-label-type = "bandwidth" [
    ask soldiers [set label bandwidth]
    ask turtles with [breed != soldiers] [set label ""]
]
if turtle-label-type = "bandwidth-per-channel" [
    ask soldiers [set label bandwidth-per-channel]
    ask turtles with [breed != soldiers] [set label ""]
]
]
ask turtles [set label-color white]
display
end

to links-label
    if link-label-type = "none" [ask links [set label ""] ]
    if link-label-type = "data-flow" [
        ask connections [
            if-else data-flow = []
            [set label "" ] [if-else compile-data = true
                [set label length data-flow]
                [set label data-flow]
            ]
        ]
    ]
]
]
if link-label-type = "function" [ ask links [if-else breed != connections
[set label ""] [set label function] ] ]
ask links [set label-color white]
display
end

to show-context
    ask authorities [if-else show-authorities = true [show-link] [hide-link]
]
ask connections with [function = "radio-connection"] [if-else (show-
radio-connections = true) and (all? both-ends [hidden? = false]) [show-

```

```

link] [hide-link] ]
  ask connections with [function = "network-connection"] [if-else (show-
network-connections = true) and (all? both-ends [hidden? = false]) [show-
link] [hide-link] ]
  ask connections with [function = "databank-connection"] [if-else (show-
databank-connections = true) and (all? both-ends [hidden? = false]) [show-
link] [hide-link] ]
  display
end

to toggle-show-networks
  if-else networks = no-links
  [ask soldiers [create-networks-with my-network [set color blue]]]
  [ask networks [die] ]
end

to inspect-turtle-here
  print "Selecione a turtle que será inspeccionada." wait-click
  if mouse-down? [ask patch mouse-xcor mouse-ycor [let visible-here turtles
in-radius 1 with [(hidden? = false)]
  if-else visible-here = no-turtles
  [print "Nenhuma turtle encontrada." wait-unclick]
  [inspect one-of visible-here print "Turtle selecionada"]
  ]
]
end

to layout
  layout-spring soldiers with [role = "analista"] authorities spring-
constant spring-length repulsion-constant display
end

to hide-show-connections
  ask connections [if-else hidden? [show-link] [hide-link]]
end

end

```