

A IMPORTÂNCIA DA COMPUTAÇÃO NA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Willian Scaquett¹
Célia de Oliveira de Santana²

RESUMO

O presente artigo busca a investigação acerca de casos, durante a Segunda Guerra Mundial, em que decorreu-se o uso da computação a fim de elucidar-se o modo pelo qual esse artifício influenciou o desenrolar do conflito. Exemplificando-se as análises, têm-se: a máquina de codificação alemã Enigma e a quebra de sua criptografia por Alan Turing e a equipe de Bletchley Park; o uso do computador ENIAC durante o Projeto Manhattan, sugerido por John von Neumann; a utilização do computador Harvard Mark I pela marinha dos Estados Unidos da América para a realização de cálculos de trajetórias balísticas e pesquisas; e o uso do computador Z3, criado na Alemanha durante o conflito pelo engenheiro Konrad Zuse, na melhoria de projetos de aviões. Objetiva-se, portanto, demonstrar-se a importância e o impacto dos computadores na Segunda Guerra Mundial, bem como as consequências decorridas.

ABSTRACT

The present article seeks to investigate cases from World War II in which computing was used, aiming to elucidate how this tool influenced the course of the conflict. Examples include the German Enigma encoding machine and the breaking of its cryptography by Alan Turing and the team at Bletchley Park; the use of the ENIAC computer in the Manhattan Project, proposed by John von Neumann; the United States Navy's use of the Harvard Mark I computer to calculate ballistic trajectories and conduct research; and the use of the Z3 computer, developed in Germany by engineer Konrad Zuse, for aircraft design improvements. The objective, therefore, is to demonstrate the importance and impact of computers during World War II, as well as their long-term consequences.

¹ Estudante do Curso de Sistema de Informação do UNIVEM – Centro Universitário Eurípides de Marília. E-mail willian.scaquett@gmail.com

² Doutora e Mestre pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo- PUC. MBA pela Universidade de São Paulo - USP. Pós-MBA pela FIA. Professor de cursos de graduação do UNIVEM – Centro Universitário Eurípides de Marília. Professor em cursos de pós-graduação. Coordenadora do NAPEX- Núcleo de Apoio à Pesquisa E Extensão e CPA – Comissão Própria de Avaliação. Consultora na área de Gestão de Pessoas. E-mail: celiasantana@univem.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Conhecer a história de sua área de conhecimento é um elemento fundamental para melhor compreendê-la. Nas formações voltadas para a tecnologia da informação, como os bacharelados em Sistemas de Informação e em Ciência da Computação, encontram-se em suas matrizes curriculares disciplinas voltadas à compreensão de sua evolução técnica, iniciando-se pela compreensão da necessidade de contar e as definições de dados, informações e sistemas. Em seguida, estuda-se sua evolução, desde o osso de Ishango³, passando pelo ábaco⁴, as primeiras máquinas de calcular e os primeiros computadores eletrônicos, até chegar na computação moderna. Nessas grades também podem-se encontrar disciplinas que buscam compreender o impacto da computação na política e sociedade atual. Entretanto, há um vácuo quanto ao estudo dos impactos que os computadores do passado puderam ter na sociedade da época. Sendo assim, o presente trabalho busca elucidar a importância da computação na Segunda Guerra Mundial, como foi usada e os resultados militares e políticos obtidos através dela. Contribuindo assim, através de uma observação do passado, para um melhor entendimento da computação no presente.

O estudo começa pela análise da influência das tecnologias nas guerras, utilizando a obra de Monteiro, Martins e Agostinho (2015). Em seguida, utiliza-se o livro de Gilbert (2014) para definir Segunda Guerra Mundial e o estudo de Brookshear (2013) para caracterizar a computação e seus elementos. Munida dessas definições, inicia-se a análise de quatro casos de uso de computação no período em questão: a quebra da criptografia da máquina alemã Enigma pelos poloneses de *Biuro Szyfów* e os ingleses de *Bletchley Park*, com o destaque de Alan Turing; a aplicação do ENIAC no Projeto Manhattan, sugerido por John von Neumann; a utilização do Harvard Mark I pela marinha dos Estados Unidos da América; e o computador Z3, construído pelo engenheiro alemão Konrad Zuse, entre 1939 e 1941, e brevemente utilizado para a melhoria de projetos de aviões, antes de ser destruído em um bombardeio a Berlim pelos Aliados em 1943.

Para o estudo da quebra da criptografia da Enigma, utilizaram-se as obras de Krischer (2013); e Machiavelo e Reis (2012). A análise da função do ENIAC no Projeto Manhattan se apoiou nos trabalhos de Carvalho (2015) e Kohl (2015), e em uma notícia de Hartree (1946) da

³ O osso de Ishango é uma ferramenta de osso antiga que pode ter sido usada para contagem, cálculos matemáticos ou calendário lunar.

⁴ O ábaco é uma das calculadoras mais antigas utilizadas pelo homem.

época do lançamento da máquina. A compreensão da utilização do Harvard Mark I foi realizada através do estudo de Williams (1999). Por fim, a obscura história do Z3 foi elucidada através das obras de Hohn (1998); Villaça e Steinbach (2014); e Zuse (2013).

2 DESENVOLVIMENTO

É notável como a tecnologia influencia os conflitos bélicos ao longo da história. Essa influência foi observada, por exemplo, na Guerra dos Cem Anos, quando os franceses não obtiveram sucesso ao usar sua cavalaria pesada e seus arcos longos contra os ingleses, porém, venceram o conflito ao usar armas de novas tecnologias que estavam surgindo na época.

Até este momento, as armas de maior alcance eram as armas neurobalísticas (arco longo e besta), mas a aposta nas armas pirobalísticas passou a dar vantagem aos franceses, que podiam atingir os seus adversários com armas cada vez mais poderosas e eficazes, a partir de mais longas distâncias e a dominar as operações de cerco, uma vez que as fortalezas ainda não estavam adaptadas para fazer frente ao novo armamento. (Monteiro; Martins; Agostinho, 2015, p. 346).

Já no caso da Segunda Guerra Mundial, conflito que se inicia com a invasão da Polônia pela Alemanha em setembro de 1939 e se encerra com a rendição do Japão em agosto de 1945 (Gilbert, 2014), além do uso de toda uma gama de tecnologias criadas até então nos setores de armamento, logística e transporte, há o grande impacto do uso da computação. Apesar da história da computação ser mais antiga que a do *hardware*, sendo o ábaco considerado um dos primeiros dispositivos de computação, é na primeira metade do século XX que surgem as máquinas que dariam origem aos computadores atuais (Brookshear, 2013). E, mesmo em estado embrionário na época, a computação, como as armas pirobalísticas dos franceses na longínqua Guerra dos Cem Anos, já foi capaz de influenciar a Segunda Guerra Mundial e, sem ela, seu desfecho poderia ter sido diferente.

2.1 A Quebra da Criptografia da Enigma

Inventada em 1918 pelo alemão Arthur Scherbius e comercializada a partir de 1923, a Enigma foi um dispositivo eletromecânico de cifras. A máquina sofreu diversas remodelações até chegar à sua versão D em 1927 e ser usada durante a Guerra Civil Espanhola. Além disso, outras versões ainda mais sofisticadas foram usadas pelo exército, marinha e força aérea alemãs durante a Segunda Guerra Mundial (Machiavelo; Reis, 2012).

O grande trunfo da Enigma não estava apenas em criptografar textos, mas, sim, em como eles eram descriptografados, pois se fazia necessário saber a posição inicial dos rotores do dispositivo no momento em que a mensagem foi codificada. Somente com o conhecimento dessa posição (ou seja, a chave da criptografia), seria possível decodificar a comunicação interceptada e descobrir seu conteúdo (Machiavelo; Reis, 2012). Portanto, mesmo quando os Aliados conseguiram obter uma Enigma em funcionamento e entenderam sua operação, de nada serviria o equipamento enquanto não desvendassem a chave usada nas criptografias. Essas chaves eram acordadas entre os alemães através de um livro contendo uma para cada dia e, por sua vez, o livro era renovado todo mês (Krischer, 2013). Por isso, a hercúlea tarefa de decodificar mensagens alemãs, além de todos os empecilhos, era uma corrida contra o tempo. Todos os dias, à meia-noite, o trabalho do dia anterior nada mais valia.

Apesar de seu destaque na Segunda Guerra Mundial, a história da quebra da criptografia da Enigma é anterior ao conflito. Ameaçada pelo desejo da Alemanha de reaver os territórios perdidos na Primeira Guerra Mundial, a Polônia foi a primeira nação a investir esforços significativos em desembaralhar a comunicação alemã, sendo, em 1931, criada a agência *Biuro Szyfów* para esse fim (Krischer, 2013). Essa agência conseguiu notáveis avanços ao analisar os padrões dos textos criptografados, chegando a construir, em 1935, um dispositivo chamado de Ciclômetro de Rejewski, que tornou possível desvendar a chave de criptografia em quinze minutos (Krischer, 2013).

Porém, com o tempo, os alemães incrementaram o projeto e o modo de uso da Enigma, o que tornou inviável o uso da técnica com o Ciclômetro de Rejewski. Os poloneses criaram então, em 1938, a bomba criptográfica (nome dado devido ao barulho produzido pelo dispositivo trabalhando) que automatizou parte do trabalho feito manualmente na técnica anterior e possibilitou a recuperação da chave da criptografia em menos de duas horas. O esforço dos poloneses, mais uma vez, foi superado por novas modificações no projeto da Enigma no começo de 1939 e, com a invasão do país pela Alemanha em abril daquele ano, dando início à Segunda Guerra Mundial, restou ao *Biuro Szyfów*, para não perder seus avanços, compartilhar seu conhecimento com a França e o Reino Unido, além de oferecer duas réplicas da Enigma e os projetos das bombas (Krischer, 2013).

Graças às descobertas polonesas, as esperanças britânicas e francesas em decifrar a Enigma, que eram nulas desde o início de seu uso em 1926, foram acesas. Também foi aprendido, com os poloneses, o uso de matemáticos para decifrar criptografias, uma vez que, até então, usavam-se linguistas e especialistas nos clássicos da literatura para esse fim. A

Inglaterra, então, a partir de 1939, começa a contratar esses profissionais, vindos principalmente das universidades de *Oxford* e *Cambridge*, e enviá-los para *Bletchley Park* (Krischer, 2013).

Construída em 1066, na época da batalha de Hastings, *Bletchley Park* era uma propriedade rural que, posteriormente, em 1883, após ser comprada por Herbert Leon, foi transformada em mansão. Além de seu enorme tamanho, o que seria imprescindível para o alojamento de uma equipe capaz de analisar a massiva quantidade de mensagens alemãs interceptadas, outra vantagem da propriedade era sua localização no meio da estrada de ferro que, na época, conectava *Oxford* e *Cambridge*. Devido a esses benefícios, o local foi comprado pelo Almirante Hugh “Quex” Sinclair para servir de base para o GC&CS (*General Code and Cipher School*), órgão que seria responsável pela tentativa de quebra da criptografia alemã. Além do almirante, no local também trabalhava o comandante Alastair Denniston (Krischer, 2013).

Os criptoanalistas da GC&CS exerciam suas funções em casinhas de madeiras, chamadas de *huts*, construídas ao longo do jardim da mansão. Cada *hut* tinha uma função específica, e seus ocupantes prontamente aprenderam as minúcias da Enigma e as técnicas polonesas (Krischer, 2013). Por ter uma equipe maior e um orçamento mais elevado que o *Biuro Szyfów*, os britânicos conseguiram utilizar-se de seus artífices, mesmo com a maior complexidade do uso e do funcionamento da máquina alemã. Todos os dias, os criptoanalistas de *Bletchley Park* tentavam descobrir as chaves de criptografia do dia e, quando conseguiam, descriptografavam as respectivas mensagens. Porém, obtendo êxito ou não, no dia seguinte, todo o trabalho era perdido e os analistas precisavam recomeçar os processos, graças às trocas diárias das chaves por parte dos alemães. Algumas das informações obtidas através desses procedimentos revelaram detalhes sobre a invasão da Dinamarca e da Noruega em abril de 1940, e sobre os horários e locais dos bombardeamentos da Batalha da Inglaterra (Krischer, 2013).

Além das técnicas polonesas, os criptoanalistas britânicos descobriram os chamados *cillies* (provavelmente uma referência a *sillies*, que pode traduzir-se como tolices). Tratava-se de fraquezas causadas pela operação humana da Enigma. Os alemães, além de usarem a chave de criptografia do dia, precisavam escolher uma segunda chave para cada mensagem enviada. Essa segunda seria enviada no começo da mensagem e o destinatário precisaria aplicá-la, depois de aplicar a chave do dia para, por fim, compreender a mensagem. Essa prática visava a atrapalhar o trabalho dos criptoanalistas, que buscavam padrões nas mensagens. Contudo, graças ao erro humano, muitas dessas segundas chaves eram escolhas óbvias, como teclas seguidas do teclado da Enigma, as primeiras letras do nome das namoradas dos operadores, as

mesmas letras da chave do dia e até palavras obscenas. Esses *cillies*, somados a algumas características da própria Enigma e dos procedimentos das forças militares alemãs, que tendiam a ser rigorosos, metódicos e padronizados, portanto, fáceis de aprender, auxiliaram o desempenho de *Bletchley Park* (Krischer, 2013).

Vale observar que o trabalho dos criptoanalistas britânicos dificilmente se tornava engessado. Pequenas alterações no projeto das várias versões da Enigma ou até mudanças de protocolos e hábitos dos remetentes das mensagens da comunicação alemã obrigavam os *huts* a mudarem seus métodos de análise. Entre os colaboradores desse setor do esforço de guerra do Reino Unido, destaca-se Alan Turing que, além de se dedicar diariamente junto aos demais criptoanalistas, foi responsável por encontrar a maior falha da Enigma e por construir uma bomba criptológica que, explorando essa fraqueza, era mais eficaz e menos suscetível às mudanças que as demais inspiradas nos projetos poloneses (Krischer, 2013).

Turing se fez valer do rigor militar alemão que causava a comunicação de mensagens com formatos e assuntos semelhantes em horários próximos. Um exemplo famoso era o envio de um informativo sobre o clima todos os dias às seis horas da manhã. Portanto, era de se esperar que, na primeira mensagem interceptada após esse horário, estaria presente a palavra *Wetter* (tempo, em alemão). Além disso, era possível até prever o local onde essas palavras conhecidas apareceriam e, com base nisso, associar um trecho criptografado a uma palavra. Esses trechos eram chamados de *cribs* e, uma vez em posse de um, bastava encontrar a configuração da Enigma (ou seja, a chave criptográfica) que transformaria a palavra conhecida no trecho criptografado. Uma vez descoberta a configuração, seria descoberta a chave do dia (Krischer, 2013). Essa abordagem pode parecer simples, todavia, Krischer (2013, p.74) mostra qual era o desafio em aplicá-la:

O problema com essa abordagem de tentativa e erro era o fato de existirem aproximadamente $1,07 \times 10^{23}$ possibilidades, no caso das máquinas usadas pelo Exército e pela Força Aérea, e $1,56 \times 10^{25}$ possibilidades, no caso da Enigma M4 naval, a serem testadas, tarefa aparentemente impossível.

Diante desse empecilho, a ideia de Turing foi evitar o embate do homem contra a máquina, pois estaria fadado ao fracasso. Somente uma máquina derrotaria outra máquina. Criou, então, uma bomba criptográfica capaz de testar todas as possibilidades de configuração da Enigma e, através de um circuito elétrico, verificar qual chave transformaria o *crib* descoberto na palavra conhecida. O primeiro protótipo dessa bomba foi apelidado de *Victory*, contudo, seu resultado não foi satisfatório. Para piorar a situação, em 10 de maio de 1940, os alemães mudaram seus protocolos de comunicação, o que ocasionou em uma diminuição drástica nas mensagens descriptografadas. Esse “apagão” na espionagem da comunicação

nazista durou até 8 de agosto de 1940, quando o segundo protótipo da bomba idealizada por Turing ficou pronto. Ela foi batizada de *Agnus Dei* - apelidada de *Agnes* - e, diferente de sua antecessora, satisfaz as expectativas dos criptoanalistas de *Bletchley Park*. Ao longo dos próximos dezoito meses, mais quinze bombas como a *Agnes* foram construídas. Seu êxito foi tamanho que, próximo do fim da Segunda Guerra Mundial, bombas semelhantes foram produzidas pelo exército e pela marinha dos Estados Unidos da América (Krischer, 2013).

Apesar do espetacular desempenho de *Agnes*, algumas das redes de comunicação ainda permaneceram fora do alcance da espionagem, como a da marinha alemã. Esse fato foi mais um empecilho para o Reino Unido durante a Batalha do Atlântico. Entre 1940 e 1941, os Aliados perdiam, em média, 50 navios por mês e, com isso, uma vitória nazista nesse embate e, conseqüentemente, a derrota do Reino Unido na guerra, eram uma ameaça real. Perante esse quadro, alguns planos desesperados foram pensados para desvendar a comunicação da marinha alemã. Um deles envolvia lançamento de minas em alguns locais estratégicos, obrigando os navios inimigos a comunicarem uns aos outros sobre o fato. Os britânicos, então, usariam o conhecimento do possível conteúdo das mensagens para realizar suas criptoanálises. Esse processo ficou conhecido como *gardening*, entretanto, exigia o uso da Força Aérea Real e, por isso, não podia ser executado com frequência (Krischer, 2013).

A Batalha do Atlântico começou a ser vencida pelos Aliados somente após uma série de ataques a navios e submarinos meteorológicos nazistas e o saque de seus livros de códigos. Na posse desses livros, finalmente os britânicos foram capazes de derrubar as muralhas da criptografia da comunicação da marinha alemã e obter informações preciosas para reverter o, até então, pessimista cenário. Mesmo assim, o Reino Unido teve cautela até o fim do conflito quanto ao uso das informações obtidas pelos criptoanalistas, ao ponto de permitir o ataque a alguns de seus navios para não motivar a desconfiança do inimigo. O resultado desse uso estratégico das informações foi, até sua rendição em maio de 1945, mesmo que com algumas suspeitas, uma Alemanha crente quanto à invencibilidade da Enigma (Krischer, 2013). *Bletchley Park* também obteve êxito em revelar o conteúdo da comunicação italiana e japonesa. As informações obtidas dos três países do Eixo eram chamadas de *Ultra* e foram fundamentais para a vitória dos Aliados. Era a primeira vez na história que, em uma guerra, um lado conseguia ter visão da estratégia do outro e descobria, com antecedência, quando e onde o inimigo pretendia executar suas operações (Krischer, 2013).

Um ano após o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1946, todos os documentos e as máquinas de *Bletchley Park* foram destruídos ou ocultados, a GC&CS foi fechada e a maioria dos seus milhares de funcionários foram dispensados, parte deles voltando à suas vidas civis e

sendo obrigados a guardar, eternamente, sigilo sobre suas funções no esforço de guerra britânico. O segredo sobre o ocorrido em *Bletchley Park* só foi revelado em 1974, com o lançamento do livro *The Ultra Secret*, de Frederick William Winterbotham (Krischer, 2013). Apesar de muitos detalhes dessa história ainda serem obscuros, o que torna difícil a análise da dimensão do impacto da genialidade e do empenho dos criptoanalistas poloneses e britânicos, com o destaque de Alan Turing, que não viveu tempo suficiente para ver o mundo conhecedor de seus méritos, Krischer (2013, p.83) estima-se que a quebra da criptografia da Enigma fez o conflito mundial encerrar-se pelo menos um ano antes, poupando um número incalculável de vidas humanas de ambos os lados.

2.2 ENIAC e o Projeto Manhattan

A descoberta da fissura nuclear em dezembro de 1938 pelos químicos alemães Otto Hahn e Fritz Strassmann, em uma Europa às portas da Segunda Guerra Mundial, prontamente despertou a curiosidade das nações quanto ao seu uso para fins bélicos. Nesse mesmo período, a Alemanha, com a ascensão do nacional-socialismo de Adolf Hitler e suas políticas étnicas, perdeu muitos de seus cientistas para os futuros países Aliados, que lhes ofereciam abrigo. Entretanto, esse isolamento acadêmico do país germânico não foi capaz de acabar com suas pesquisas nucleares, sendo essas ainda observadas pelos cientistas emigrantes, que logo compreenderam que elas poderiam resultar na criação de uma bomba nuclear (Carvalho, 2015).

Para fazer frente às pesquisas alemãs, e usufruindo dos cientistas refugiados que acolhera, o governo dos Estados Unidos da América, em 1942, inicia o Projeto Manhattan. Seu objeto era o desenvolvimento da, até então teórica, bomba atômica antes dos nazistas (Carvalho, 2015). Assim como Turing resolveu usar a máquina para combater a máquina, os Estados Unidos da América desenvolveriam uma bomba atômica para se defender de outra. Liderado pelo general Leslie Groves e o cientista Robert Oppenheimer, o Projeto Manhattan foi localizado na cidade de Los Alamos, no Novo México, e chegou a empregar mais de 120 mil pessoas no seu auge, tendo um custo total de 2 bilhões de dólares na cotação da época (Carvalho, 2015).

No princípio do projeto, os cálculos e simulações da bomba eram realizados através de calculadoras mecânicas. Contudo, esses equipamentos constantemente apresentavam falhas ou quebravam. Tamanha era a frustração e impaciência que alguns pesquisadores até se especializaram em consertar as calculadoras para não terem que aguardar a manutenção ou substituição por parte do fabricante (Kohl, 2015). A situação foi parcialmente resolvida em

1943, quando Dana Mitchell propôs o uso de máquinas de cartões perfurados da *International Business Machines Corporation* (IBM), já utilizadas em outras pesquisas em que Mitchell participou, para acelerar os cálculos (Kohl, 2015).

As máquinas de cartões perfurados agilizaram significativamente o tempo de realização dos cálculos da bomba em relação às calculadoras mecânicas, todavia, elas também apresentavam algumas falhas (Kohl, 2015). Foi então proposto pelo renomado matemático John von Neumann, que também integrava o Projeto Manhattan, o uso do ENIAC para a realização dos cálculos (Kohl, 2015). O ENIAC (sigla para *Electronic Numerical Integrator And Computer*) era o nome de um computador digital desenvolvido na Universidade da Pensilvânia e inicialmente pensado para o cálculo de trajetórias balísticas (Kohl, 2015). Uma notícia da época de sua inauguração diz que a máquina era formada por um total de quarenta painéis, cada um medindo 2,4 metros de altura e 0,6 metro de largura, e no total possuía 18 mil válvulas eletrônicas, 3 mil lâmpadas indicadoras e 5 mil interruptores, consumindo 150 kW em operação e capaz de realizar um cálculo de adição em cerca de 0,2 milissegundos (Hartree, 1946). Com a sugestão de Von Neumann sendo aceita, dois pesquisadores do Projeto Manhattan foram enviados do Novo México para a Pensilvânia para a utilização do ENIAC. A partir de então, cálculos que levavam dias para serem feitos através das máquinas de cartões perfurados foram resolvidos em poucos minutos graças ao computador eletrônico (Kohl, 2015).

Há controvérsias quanto às motivações de Harry Truman para bombardear as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki após a rendição da Alemanha e uma rendição encaminhada do Japão. Pode ter sido uma forma de poupar vidas de ambos os lados, forçando a rendição mais prévia do Japão, a fim de se vingar por Pearl Harbor ou até mesmo de intimidar os soviéticos em uma recém-nascida Guerra Fria (Carvalho, 2015). Contudo, esse marco na história da humanidade poderia não ter ocorrido, ou, ao menos, ter sido adiado, se não houvesse o uso do ENIAC e o poder de cálculo que um computador eletrônico pôde oferecer (Kohl, 2015).

2.3 Harvard Mark I

Em 1937, um estudante de pós-graduação de Harvard, chamado Howard Aiken, concebeu um mecanismo automático de cálculos, motivado pela frustração causada pelos tediosos cálculos necessários para a elaboração de sua dissertação. A máquina foi construída pela IBM e recebeu o nome de *Automatic Sequence Controlled Calculator* (ASCC), ou Harvard

Mark I. A imprensa da época o chamou de “*Robot Brain*”, já Aiken o chamava de “*just a lazy man's dream*” (Williams, 1999).

Ao término da construção do Harvard Mark I, em 1944, a IBM o doou para Harvard que prontamente o alugou para a marinha dos Estados Unidos da América, pois essa tinha grande necessidade de realizar cálculos de artilharia e balística. Aiken, na época oficial da reserva naval, foi designado para supervisionar a máquina. Ela tinha dois metros de altura e quinze metros de comprimento, ocupando uma sala inteira. Pesava cerca de cinco toneladas, possuía mais de 750 mil peças e 850 quilômetros de fios, e era movida por um motor elétrico de quatro cavalos de potência. Apesar de não ser eletrônico como o ENIAC e, sim, eletromecânico, o Harvard Mark I podia ser programado através de fitas de papel perfurado, o que permitia uma programação muito mais rápida (e mais parecida com a forma da computação moderna) quando comparada à do ENIAC, que levava até um dia inteiro para ser feita. A programação por fitas de papel perfurado também possibilitou a criação de bibliotecas de códigos reutilizáveis, adicionando ainda mais agilidade à tarefa de programar a máquina (Williams, 1999).

Durante a Segunda Guerra Mundial, o Harvard Mark I operava quase vinte quatro horas por dia, ocupando-se de complexos cálculos essenciais para a marinha e outros setores militares dos Estados Unidos da América. A máquina resolvia diariamente problemas de controle de tiros e tabelas balísticas, que dependiam de muitas variáveis, como a posição do alvo, elevação, alcance, ângulo de inclinação do navio, tempo de voo e velocidade residual do projétil. O computador também foi utilizado em pesquisas sobre propagação de ondas de rádio, modulação de frequências, propagação de sons subaquáticos, entre outras, realizadas durante o esforço de guerra. Essas aplicações destacaram a flexibilidade do Harvard Mark I, além de deixarem claro a sua importância, principalmente para a marinha dos Estados Unidos da América, durante a Segunda Guerra Mundial (Williams, 1999).

2.4 Z3

O Z1 foi o primeiro de uma série de computadores de propósito geral elaborados pelo engenheiro alemão Konrad Zuse. Ele foi construído na sala de estar da casa do pai de Zuse, contando com o apoio financeiro de amigos e parentes (Villaça; Steinbach, 2014). Além disso, Zuse aparentemente concebeu seus computadores desconhecendo as teorias de Alan Turing (Villaça; Steinbach, 2014). Apesar de ser mecânico, o Z1 já possuía conceitos modernos, como a programação através de fitas perfuradas, resultados que poderiam ser lidos e armazenados em memória, o uso do sistema binário, e a realização de operações com o uso de

ponto flutuante. Sua comutação binária era realizada através de folhas de metal fino e, apesar do sistema binário ser conhecido pelos matemáticos há séculos, Zuse foi o primeiro a usá-lo em um computador (Villaça; Steinbach, 2014).

Insatisfeito com a falta de confiabilidade das folhas de metal fino, Zuse decidiu criar o Z2 utilizando relés de telefone para as unidades de controle e aritmética. Porém, devido aos altos custos, a memória da máquina permaneceu mecânica, como no Z1. Finalizada a construção em 1939, novamente utilizando somente dinheiro privado, o Z2 demonstrou ser bastante confiável, o que motivou Zuse a construir um computador somente com relés (Villaça; Steinbach, 2014).

Recebendo, desta vez, um pequeno apoio financeiro do governo (Zuse, 2013), o Z3 foi finalizado em 1941 e tornou-se o primeiro computador da história construído somente por relés, sendo seiscentos deles para a unidade aritmética e 1,4 mil para a memória (Villaça; Steinbach, 2014). Com base no trabalho do engenheiro aerodinâmico Hans Georg Küssner (o Efeito Küssner), um programa para o Z3 foi criado para resolver problemas de vibrações nas asas dos aviões. Entretanto, quando Zuse solicitou ao governo alemão o financiamento da troca dos relés do Z3 por interruptores eletrônicos, seu pedido foi negado, pois a máquina não foi considerada como importante para a guerra (Hohn, 1998).

O Z3, por fim, foi destruído em 1943, durante um bombardeio dos Aliados a Berlim (Zuse, 2013). Não recebendo a mesma valorização do governo alemão que o ENIAC e o Harvard Mark I receberam do governo estadunidense, ou que as bombas criptológicas receberam do governo inglês, o Z3, mesmo com sua curta existência, foi capaz de auxiliar minimamente o futuro derrotado governo nazista.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma guerra não é um conflito somente entre humanos. Inúmeros fatores das nações envolvidas entram nos campos de batalha: suas riquezas, suas culturas, suas religiões e, principalmente, suas tecnologias. Desde a descoberta do fogo, da derrota das espadas de ferro pelas de aço, da invenção da pólvora, até a Guerra Fria e suas espionagens e ameaças de ataque nuclear, as nações lutam com seus homens e suas tecnologias contra os homens e as tecnologias do inimigo.

A evolução significativa da computação na primeira metade do século XX prontamente despertou o interesse quanto sua utilidade para fins militares. E, sem ela, o desfecho da Segunda Guerra Mundial certamente seria outro. Uma vitória nazista poderia ter ocorrido na Batalha do

Atlântico se não fosse o empenho dos poloneses de *Biuro Szyfów* e dos britânicos de *Bletchley Park*. Vitória essa que decretaria o fim do abastecimento de suprimentos das ilhas do Reino Unido pelos navios vindos da América e, por consequência, a derrota do Reino Unido inteiro e, possivelmente, uma soberania nazista por toda a Europa.

Já no fim do evento histórico em questão, as cidades de Hiroshima e Nagasaki poderiam ser poupadas se não fosse a agilidade fornecida pelo ENIAC, o que adiantou consideravelmente a invenção da bomba atômica. Truman nunca poderia ter lançado a *Fat Man* e a *Little Boy* em agosto de 1945, o que possivelmente adiaria o fim do conflito e mais vidas seriam perdidas. Ou uma rendição japonesa ocorreria nos próximos dias e as duas cidades seriam salvas, o que mudaria a história da humanidade. Contudo, especular o que poderia ou não ter ocorrido se isso ou aquilo ocorresse é difícil e praticamente inútil. Entretanto, sem o ENIAC, a construção da bomba não seria finalizada até agosto de 1945.

Já o impacto do Harvard Mark I é mais difícil de mensurar, devido ao seu papel mais “coadjuvante”. É impossível determinar quais batalhas seriam vencidas ou perdidas pelos Estados Unidos da América sem seu auxílio nos cálculos balísticos e os avanços adquiridos nas pesquisas que a máquina possibilitou. O Harvard Mark I foi a pequena batida da asa de uma borboleta que causa mudanças climáticas do outro lado do planeta.

Para finalizar, há o curioso caso da Z3. O engenhoso Konrad Zuse concebeu conceitos a frente do seu tempo na área da computação, mesmo certamente desconhecendo a máquina de Turing universal e sem o apoio financeiro do governo nazista. A comutação em sistema binário e a programação através de fitas perfuradas já eram tecnologias utilizadas em suas máquinas. Sendo humildemente utilizada apenas para o aperfeiçoamento de algumas aeronaves, desperta a curiosidade quanto a parte da derrota alemã na Segunda Guerra Mundial ser devida a esse desprezo pela computação, a qual “não era importante para a guerra”. Mais uma vez entra-se no irresistível campo da especulação do que poderia ter ocorrido se os líderes nazistas compreendessem o valor contido nas máquinas de Zuse. O bombardeio a Berlim de 1943, por fim, impediu que o governo alemão refletisse quanto às inúmeras possibilidades de utilização bélica da Z3.

O homem modela a tecnologia à sua necessidade e a tecnologia modela o homem. A Segunda Guerra Mundial foi moldada pelos extremismos do século XX dos regimes totalitários, autoritários e nacionalistas. Foi moldada pelo espírito revanchista dos alemães causado pelos exageros impostos ao país na conclusão da Primeira Guerra Mundial. E, por fim, foi moldada pelas bombas criptológicas, pelo ENIAC, pelo Harvard Mark I, pelo Z3 e por outras inúmeras aplicações da tão versátil computação.

4 BIBLIOGRAFIA

BROOKSHEAR, J. G. *Ciência da Computação: uma visão abrangente* - 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CARVALHO, J. F. A gênese da bomba. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 197-208, 1 ago. 2015. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/104959>. Acesso em: 17 out. 2024.

GILBERT, Martin. *A Segunda Guerra Mundial: os 2.174 dias que mudaram o mundo*. 1. ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2014.

HARTREE, D.R. The ENIAC, an electronic calculating machine. *Nature*, n. 157, p. 527, 20 abr. 1946. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/157527a0>. Acesso em: 28 out. 2024.

HOHN, Hans-Willy. *Kognitive Strukturen und Steuerungsprobleme der Forschung: Kernphysik und Informatik im Vergleich*. 1. ed. Frankfurt: Campus Verlag, 1998.

KOHL, Cristina. The role of computer science during the Manhattan Project. Trabalho de Graduação - Institut für Informatik. Universität Innsbruck. Innsbruck, 2015. Disponível em: <http://cl-informatik.uibk.ac.at/teaching/ss15/ewa/reports/ss15-CKo.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

KRISCHER, T.C. Um estudo da máquina Enigma. Trabalho de Graduação - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013 Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/66106>. Acesso em 7 out. 2024.

MACHIAVELO, A; REIS, R. Turing e a Enigma. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática*, Lisboa, v. 67, n. 5, p. 97-120, 2012. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/boletimspm/article/view/3887/2925>. Acesso em: 25 set. 2024.

MONTEIRO, J.G.; MARTINS, M.G.; AGOSTINHO, P.J. *Guerra e Poder na Europa Medieval, das Cruzadas à Guerra dos 100 Anos*. 1. ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2015.

VILLAÇA, M.V.M.; STEINBACH, R. Brevíssima história do computador e suas tecnologias - Parte I - Do Osso de Leombo aos computadores eletromecânicos. *Revista Ilha Digital*, Florianópolis, v. 5, p. 3-24, 2014. Disponível em: <https://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/index.php/ilhadigital/article/view/72/59>. Acesso em: 28 out. 2024.

WILLIAMS, K.B. *Scientists in Uniform: The Harvard Computation Laboratory in World War II*. U.S. Naval War College Press, Newport, v. 52, n. 3, p. 90-110, 1999. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/44643011>. Acesso em: 27 out. 2024.

ZUSE, Horst. Reconstruction of Konrad Zuse's Z3. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Berlim, vol. 416, p. 287-296, 2013. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-41650-7_26. Acesso em: 28 out. 2024.