

# Análise a Ataques *Distributed Denial-of-Service*

Ricardo Pereira, André Filho

**Resumo**—Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

**Palavras-chave**—IEEE, IEEEtran, journal, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, paper, template.

## I. INTRODUÇÃO

NUMA sociedade contemporânea que apresenta um aumento progressivo da sua interconetividade, os ataques *Distributed Denial-of-Service* (DDoS) prosseguem a representar uma das ameaças mais significativas, nomeadamente no âmbito destrutivo, ao quadro global da cibersegurança.

Neste seguimento, cabe notar que um ataque DDoS consiste, essencialmente, numa tentativa maliciosa de causar disrupção, por vezes total, na disponibilidade de um sistema alvo, nomeadamente servidores, serviços e redes, mediante a utilização de processos e ferramentas que possibilitam a sobrecarga deste mesmo ou da sua infraestrutura adjacente com uma desproporcionada enchente de tráfego irrelevante [1], [2]. Apesar destes ataques serem abrangidos pela categoria de ofensivas de *Denial-of-Service* (DoS), estes distinguem-se dos demais, principalmente, pela sua natureza distribuída, ou seja, mediante a utilização de diversos dispositivos eletrónicos, principalmente computadores, dispositivos *Internet of Things* (IoT) e outros aparelhos que possuam ligações à Internet, de modo a orquestrar um ataque coordenado que almeja promover no seu alvo um grau de inacessibilidade significativo, prejudicando, consequentemente, os seus utilizadores legítimos [3].

Assim, importa realçar que a constituição de uma rede de dispositivos eletrónicos que possam ser empregues numa ofensiva DDoS representa a generalidade de ataques deste tipo, sendo esta, frequentemente, realizada mediante a infeção de

sistemas vulneráveis com diferentes categorias de *malware*. Estes sistemas, uma vez comprometidos, podem ser controlados remotamente pelo atacante, passando a ser designados como *bots* e, consequentemente, integrando uma *robot network* (BOTNET), podendo ser empregues pelo atacante como uma fonte de tráfego irrelevante. O conceito de BOTNET será posteriormente explanado detalhadamente no subcapítulo II.A. Nesta senda, cabe notar que a constituição de uma BOTNET possibilita que o atacante aumente a capacidade disruptiva do seu ataque, assim como dificulte a identificação da origem deste, uma vez que, para o sistema alvo, mais especificamente, os seus processos e ferramentas de proteção contra ataques DDoS, existem inúmeras fontes de tráfego distintas, minimizando a capacidade destes últimos localizarem com elevado grau de precisão o dispositivo coordenador do ataque [1].

A proteção dos sistemas supramencionados contra ataques DDoS revela-se imperativa, de modo a assegurar, principalmente, a sua disponibilidade, mas, também, a sua integridade. Os impactos de um ataque DDoS bem-sucedido numa organização podem afetar diversos âmbitos distintos desta, nomeadamente a sua reputação, os seus recursos financeiros, assim como a sua relação com os seus próprios funcionários e com os seus clientes, já que estes podem se encontrar privados, respetivamente, de realizarem as suas tarefas laborais e de acederem aos serviços prestados pela empresa [4].

Importa realçar que existe uma ampla variedade de indivíduos e entidades empresariais envolvidas em ataques DDoS, mais especificamente no horizonte ofensivo destes, assim como no defensivo. Deste modo, as motivações empregues na execução de ataques DDoS são, também, vastas, complicando, consequentemente, a identificação de intuítos concretos que possam ser associados a estes. Contudo, é possível reconhecer que, frequentemente, os ataques DDoS são realizados visando obter ganhos financeiros ou de causar o máximo de disrupção possível aos sistemas alvo, de modo a marcar posições e a viabilizar ações de *hackvism* [5].

No caso concreto do ano de 2024, os ataques DDoS apresentaram um crescimento de ocorrências. Existem diversos fatores que contribuíram para este aumento, nomeadamente a realocação de uma quantidade substancial de infraestrutura crítica para o ambiente *online*, assim como a amplificação da cifra de dispositivos IoT que, por norma, possuem a ausência de proteções de segurança robustas, sendo a sua infeção com *malware* e consequente integração numa BOTNET facilitada [6].

Este documento visa clarificar o leitor sobre os ataques DDoS, mediante a facultação de informação concisa e relevante sobre a temática. Nesta senda, cabe realçar que foi, também, realizado uma demonstração prática sobre a constituição de uma BOTNET, assim como a execução de um ataque DDoS, mediante a utilização desta, de modo a ilustrar,

de forma mais tangível, o funcionamento destes ataques e a sua capacidade disruptiva.

Cumpre, ainda, esclarecer a estrutura do presente documento. Este relatório encontra-se organizado em 6 capítulos. Inicialmente é efetuada uma introdução ao contexto do problema, mais especificamente aos ataques DDoS. O segundo capítulo, procura proporcionar uma visão global sobre a temática, acrescentando detalhes cruciais à informação facultada no capítulo anterior, assim como abordando os mecanismos empregues pelos atacantes, aquando da constituição e execução de um ataque DDoS. No terceiro capítulo é efetuada uma abordagem à demonstração prática elaborada. O quarto capítulo procura facultar informação relevante no âmbito das estratégias e desafios de mitigação de ataques DDoS. No quinto capítulo, procura-se proporcionar uma perspetiva futura global sobre os ataques DDoS. Por fim, o documento termina com uma breve conclusão sobre a temática.

## II. PANORAMA GLOBAL

Os ataques DDoS são uma ameaça informática frequentemente empregue, de modo a comprometer, principalmente, a disponibilidade de serviços, servidores, aplicações e redes. Neste seguimento, cabe notar que, estes ataques, possuem diversas características que os tornam únicos no âmbito dos ataques informáticos, mas, também, na categoria das ofensivas de DoS, nomeadamente na metodologia e ferramentas empregues para a sua concretização.

### A. Conceito de BOTNET

Uma BOTNET é, na sua essência, uma rede de dispositivos eletrónicos sequestrados, mediante a utilização de diversas categorias de *malware*, por um atacante, de modo a possibilitar a realização de um ataque de negação de serviço em ampla escala, mas também de ataques de *phishing* e de *brute force*. Nesta senda, os dispositivos que compõem uma BOTNET são, principalmente, computadores, servidores, routers, câmaras de vigilância, e diversos outros aparelhos, nomeadamente dispositivos IoT. Assim, aquando da sua infeção, o atacante consegue, remotamente, controlar estes aparelhos, frequentemente sem o conhecimento e autorização dos seus proprietários. Estas redes revelam um elevado grau de distributividade e tolerância a falhas, multifuncionalidade, assim como persistência e inteligência [7], [8].

No âmbito do funcionamento das BOTNETs, importa realçar que estas são construídas com base na sua futura expansão e automatização, assim como de modo a possibilitar amplificação da potencia e da velocidade de ataques de larga escala. Deste modo, um dispositivo pertencente a esta rede, denominado por *zombie* ou *bot*, é controlado, via instruções remotas, por um dispositivo central, sobre o total domínio do atacante, designado por *bot herder*. Nesta senda, cabe, também, notar que estas redes possuem um potencial imensamente destrutivo, já que são frequentemente vendidas ou alugadas, pelo seu criador, a indivíduos ou entidades, de modo a concretizar uma ou mais das diversas motivações inframencionadas [7], [8].

Neste seguimento, o atacante, via o dispositivo *bot herder*, emprega a estratégia de *Command-and-control* que permite, mediante a utilização de um servidor central, facultar a transmissão de instruções, remotamente, aos *bots* pertencentes à BOTNET, seguindo, também, modelos de comunicação centralizados, nomeadamente o paradigma *client-server*, ou descentralizados, principalmente o tipo *peer-to-peer*.

No caso concreto do modelo centralizado, cabe notar que este é organizado hierárquicamente, ou seja, existe um servidor central que possui a função de transmitir todos os comandos aos *bots* podendo, também, existir intermediários entre a cimeira e a base da hierarquia denominados por *sub-herders* ou *proxies*. Por sua vez, os modelos descentralizados, atribuem a responsabilidade de transmissão de instruções a todos os dispositivos da BOTNET, inclusivamente os próprios *bots*, já que, basta o *bot herder* conseguir enviar os comandos para um dos *bots* para que estas sejam transmitidas a todos os elementos da rede em questão. Nesta senda, importa, ainda, realçar que o modelo descentralizado possui, atualmente, uma maior ocorrência, dado que este permite uma ofuscação superior do atacante, assim como do *bot herder* [7].

Releva, ainda, notar que, posteriormente à infeção, o *bot* permite ao atacante, mais especificamente, acesso a operações *admin-level*, nomeadamente a leitura e escrita de dados de sistema, coleta de informação pessoal do proprietário, envio de dados, monitorizamento das atividades do utilizador, procura por vulnerabilidades e a instalação e execução de qualquer aplicação [7].

Assim, a construção de uma BOTNET pode ser organizada em 3 fases distintas, a saber [7]:

- Preparação e Exposição: o atacante, inicialmente, procura por uma vulnerabilidade num dos tipos de dispositivos supramencionados, visando descobrir uma falha que possibilite uma infeção sem rastro deste mesmo dispositivo.
- Infeção: o utilizador, ao executar uma ação, compromete o seu próprio dispositivo com o *malware* do atacante, tornado este num *bot*. Nesta senda, cabe notar que existem diversas formas de concretizar a infeção, nomeadamente via estratégias de *social engineering*, mas também mediante outras técnicas mais agressivas, principalmente o caso dos *drive-by downloads*.
- Ativação: o atacante possui controlo total do *bot*, procedendo à sua adição à rede de BOTNET e, posteriormente, à sua utilização num ataque de negação de serviço, *phishing* ou *brute force*.

No âmbito de motivações, releva realçar que estas redes são frequentemente empregues em ações de furtos de fundos monetários e de informação pessoal, assim como outros tipos de esquemas, revelando curialidade à técnica de extorsão e a diversas práticas de roubo, assim como na constituição de esquemas. Além disso, são, também, utilizadas na sabotagem de serviços, já que estas possuem a capacidade de concretizar ataques DDoS poderosos [7].

### B. Categorias de ataques DDoS

A categorização das distinções entre ataques DDoS permite aprimorar a compreensão que indivíduo possui destes. Nesta

seda, cabe notar que existem 3 categorias principais de ataques de DDoS, a saber: *Volumetric DDoS Attacks*; *Protocol Attacks*; *Application Attacks* [9], [10].

As 3 categorias supramencionadas facilitam a caracterização da grande parte de ataques DDoS. Contudo, nem todos os ataques de negação de serviço em ampla escala podem ser balizados nas categorias definidas, principalmente ataques *Advanced Persistent DoS*, ataques que emprega múltiplos vetores e ataques DDoS *Zero-Day*. Assim, os atacantes empregam, frequentemente, uma combinação de técnicas e métodos distintos, de modo a fortalecer a robustez dos seus ataques, viabilizando a continuação do seu impacto, já que estes se tornam consideravelmente mais complicados de detetar e mitigar [9], [10].

### 1) *Volumetric DDoS Attacks*

No caso concreto dos ataques DDoS volumétricos, cabe notar que estes procuram sobrecarregar a capacidade de recursos de um dispositivo alvo, mediante utilização de um elemento curial a este processo, nomeadamente pedidos, tráfego e chamadas a, respetivamente, servidores, redes e bases de dados. Nesta senda, um ataque volumétrico de negação de serviço distribuída permite saturar a largura de banda do alvo, sendo a magnitude do ataque medida em *bits* transmitidos por segundo. Assim, releva realçar que os *Volumetric DDoS Attacks* incluem os diversos ataques de *flooding* inframencionados, nomeadamente *User Datagram Protocol (UDP) Flooding*, *CharGEN Flooding* e *Internet Control Message Protocol (ICMP) Flooding*, assim como ataques que empregam aplicações indevidamente utilizadas [9].

Neste seguimento, os ataques de *UDP Flooding* procuram enviar uma cifra desproporcionada de pacotes UDP ao alvo, de modo a sobrecarregar a sua capacidade de processamento destes mesmos, assim como exaustar a sua largura de banda. Assim, cabe notar que este ataque procura explorar a natureza do protocolo UDP, mais especificamente, a sua característica de não ser estabelecida uma conexão entre o emissor e o recetor, sendo apenas efetuada uma tentativa de envio do pacote, sem qualquer tentativa de obter uma resposta. Deste modo, os atacantes visam servidores presentes na Internet ou numa rede, via os seus endereços *Internet Protocol (IP)* e as portas associadas ao protocolo UDP [9]. Importa, ainda, realçar que este ataque inclui as variantes *UDP Fragmentation Flooding* e *Specific UDP Amplification Attacks*. A primeira variante, procura enviar pacotes UDP fragmentados de superior dimensão, visando que o alvo, ao receber estes e aquando do consequente processo de junção de fragmentos, fique sobrecarregado. Por sua vez, a segunda variante, procura enviar um único pedido UDP verdadeiro, utilizando o endereço IP do alvo, para diversos servidores, de modo a que estes respondam ao alvo e, consequentemente, promovam uma sobrecarga neste. Nesta senda, cabe notar que são empregues diversos protocolos que utilizam o modelo UDP, de modo a concretizar este ataque específico, a saber: *Network Time Protocol*; *Simple Network Management Protocol*; e *Simple Service Discovery Protocol* [9].

Por sua vez, o *CharGEN Flooding* procura explorar o funcionamento do protocolo *CharGEN*, mais especificamente, o

seu procedimento de responder a pedidos *Transmission Control Protocol (TCP)* ou *UDP* via porta 19 com, respetivamente, caracteres arbitrariamente gerados e números aleatórios. Assim, um atacante pode efetuar o *spoofing* do endereço IP do seu alvo, enviando, posteriormente, uma quantidade substancial de pedidos TCP ou UDP a dispositivos que empregam o protocolo *CharGEN*, nomeadamente impressoras e fotocopiadores que, ao responderem aos estes pedidos da forma supramencionada, vão promover uma quantidade considerável de tráfego na porta 19 do sistema alvo. Deste modo, no caso concreto da *firewall* do sistema alvo não bloquear esta mesma porta, o servidor pode ficar sobrecarregado com o processo de análise e posterior resposta a todos os pedidos que recebeu [9], [10].

O protocolo *ICMP* consiste na comunicação entre dispositivos de rede, mediante o envio de mensagens de erro específicas e de comandos de informação operacional, nomeadamente *Timestamp*, *Time Exceeded error*, *Echo Request* e *Echo Reply*. Assim, importa notar que estas 2 últimas mensagens podem ser empregues de forma conjunta, de modo a constituir o comando *ping*. Deste modo, cabe realçar a possibilidade de caracterizar o *ICMP Flooding* de 2 formas distintas, a saber: *Ping Flooding* e *Fragmentation Flooding*. No primeiro caso, os atacantes utilizam uma quantidade substancial de dispositivos para enviar pacotes *spoofed ICMP Ping* a diversos servidores. Assim, estes servidores, de modo a cumprirem os requisitos estabelecidos no protocolo *ICMP*, necessitam de responder aos pedidos, mediante o envio de um pacote resposta para o sistema alvo, já que os pacotes *ICMP Ping* possuem o endereço IP deste mesmo como emissor, promovendo uma sobrecarga deste mesmo, dado que irá receber num curto espaço temporal uma quantidade enorme de pacotes. Por sua vez, no segundo caso, os atacantes visam substituir cada pacote *ICMP* com o seu respetivo comando por diversos pacotes, de modo a fragmentar este mesmo. Assim, o sistema alvo, ao receber estes pacotes, vai proceder à sua reconstrução, de modo a obter o comando no seu estado original e, consequentemente, vai exaustar recursos ao tentar estabelecer conexões entre fragmentos intencionalmente não relacionados [9].

No caso concreto dos ataques que procuram explorar aplicações indevidamente utilizadas, importa realçar que, os atacantes, visam comprometer aplicações de alto tráfego em servidores legítimos, nomeadamente servidores *peer-to-peer*, de modo a que o tráfego destas seja redirecionado para um sistema alvo, permitindo, assim, que o atacante saia do sistema e que este funcione autónomamente. Nesta senda, importa realçar que as aplicações comprometidas vão procurar estabelecer conexões válidas com o sistema alvo, promovendo a sobrecarga deste. Mais se acrescenta que, a grande parte das ferramentas de proteção frequentemente utilizadas vão permitir estas tentativas de conexão, já que os pacotes enviados pelas aplicações comprometidas vão ser corretamente formatados e compostos [9].

Importa, ainda, notar que no ano de 2020 o serviço *Amazon Web Services* foi alvo de um *Volumetric DDoS Attack* de 2.3 *Terabits* por segundo de largura de banda, representado este um dos mais recentes e impactantes ataques da sua categoria. Neste seguimento, o ataque em questão foi concretizado via

exploração do protocolo *Connection-less Lightweight Directory Access Protocol*, de modo a inundar serviço em questão com um volume significativo de tráfego irrelevante. Mais se acrescenta que foram necessários diversos dias para que a equipa encarregue de solucionar este constrangimento fosse capaz de mitigar por completo o ataque [10], [11].

## 2) Protocol DDoS Attacks

Os *Protocol Attacks* procuram explorar protocolos, de modo a sobrecarregar um recurso público específico, nomeadamente servidores mas, também, *firewalls* ou *load balancers* constringendo, assim, como os *Volumetric DDoS Attacks*, dado que não é utilizada uma quantidade substancial de uma matéria, principalmente *requests*, para concretizar o ataque de negação de serviço distribuída, mas sim apenas uma falha. Mais se acrescenta que a magnitude dos *Protocol Attacks* é medida mediante cálculo dos pacotes por segundo que este envia [9].

Neste seguimento, cabe notar os ataques *IP Null* onde os atacantes procuram definir o *header* de um pacote IPv4 como nulo e sem instruções específicas no âmbito da descarta do pacote, de modo a promover que o servidor destinatário deste consuma recursos substanciais numa tentativa fútil de determinar como proceder com o processo de comunicação, mais especificamente a entrega do pacote [9].

Importa, também, realçar os ataques de *TCP Flooding* que procuram explorar diretamente as características do protocolo TCP. Assim, estes ataques visam exaustar os recursos do sistema alvo, utilizando a estrutura do próprio protocolo, assim como via utilização de técnicas de *spoofing* e pacotes mal formados. Nesta senda, cabe notar que estas práticas permitem, a um atacante, constituir uma disrupção substancial no âmbito da disponibilidade do seu alvo, sendo, consequentemente, relevante realçar as diversas categorias distintas de ataques de *TCP Flooding* existentes, a saber [9], [10]:

- SYN Flooding
- SYN-ACK Flooding
- ACK Flooding
- ACK Fragmentation Flooding
- RST/FIN Flooding
- Multiple ACK Spoofed Session Flood
- Multiple SYN-ACK Spoofed Session Flood
- Synonymous IP Attack

Além dos ataques que procuram explorar diretamente o protocolo TCP, importa notar outras abordagens que empregam diversos protocolos e técnicas, de modo a concretizar ataques de negação de serviço distribuídos. Neste seguimento, cabe notar que, estes ataques, utilizam, frequentemente, vulnerabilidades inerentes de protocolos habitualmente empregues por inúmeros serviços, aplicações e servidores na Internet. Além disso são, também, executadas estratégias de *flooding*, de modo a aumentar a quantidade de tráfego enviado e, consequentemente, a cifra de recursos consumidos pelo sistema alvo. Mais se acrescenta que estes ataques, apesar de possuírem diversas implementações distintas, partilham o mesmo intuito de comprometer a disponibilidade do seu alvo, assim como possuem a capacidade de serem empregues em conjunto com outros vetores de ataque, promovendo uma dificuldade considerável no âmbito da sua mitigação. Deste modo, cumpre realçar as

diversas categorias de ataques abrangidos pelas características supramencionadas, a saber [9], [10]:

- Session Attacks
- Slowloris
- Ping of Death
- Smurf Attack
- Fragg Attack
- Low Orbit Ion Cannon
- High Orbit Ion Cannon

## 3) Application DDoS Attacks

No âmbito dos *DDoS Application Attacks* importa realçar que estes procuram explorar vulnerabilidades em aplicações, de modo a causar falhas na própria aplicação. Deste modo, cabe notar que, ao contrário de outras categorias de ataques DDoS, mais especificamente aqueles que visam comprometer a disponibilidade de um dispositivo ou infraestrutura, os ataques de aplicações concentram-se em comprometer a camada 7 do modelo *Open Systems Interconnection (OSI)*. Contudo, estes ataques podem, também, resultar em processadores sobrecarregados, assim como memórias exaustas, afetando, inclusivamente, o servidor e outras aplicações. Assim, releva realçar que a magnitude de um *Application Attack* é medida em pedidos por segundo. Mais se acrescenta que os principais ataques DDoS de aplicações incluem *Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Flood Attacks* e *ReDoS* [9], [10].

Nesta senda, cabe notar que os ataques de *HTTP Flood* procuram explorar os comandos HTTP, de modo a sobrecarregar *websites*, os servidores que hospedam estes, assim como a largura de banda empregada para os alcançar, mediante utilização de uma BOTNET. Assim, os *bots* utilizados nestes ataques permitem o envio de múltiplos pedidos sequencialmente, de modo a que cada *bot* constituinte da rede permita aumentar exponencialmente o tráfego enviado para o *website* alvo. Deste modo, importa realçar os diversos tipos de ataques de *HTTP Flood* existentes, a saber [9]:

- Ataques de GET: o atacante procura enviar um volume substancial de pedidos concorrentes GET de ficheiros de dimensão considerável, nomeadamente vídeos e ficheiros *Portable Document Format (PDF)*.
- Ataques de POST: o atacante visa enviar um volume considerável de pedidos concorrentes POST de ficheiros de dimensão notável, nomeadamente vídeos e ficheiros PDF.
- Long-and-Slow POST Attacks: o atacante procura enviar pedidos HTTP POST que indicam o envio de enormes quantidades de dados de uma só vez, mas, na realidade, este envia quantidades mínimas de dados, de forma espaçada. Mais se acrescenta que estes ataques frequentemente empregam a ferramenta R-U-Dead-Yet que possibilita o envio de dados nos moldes necessários a este tipo de ataque [12].
- Single Session or Request Attack: o atacante visa explorar uma vulnerabilidade presente na versão 1.1 do protocolo HTTP, mais especificamente a possibilidade de enviar múltiplos pedidos distintos no *header* de um único pacote.

- *Fragmented HTTP Flood*: o atacante procura que os *zombies* da sua BOTNET estabeleçam conexões HTTP válidas com sistema alvo enviando, posteriormente, pacotes fragmentados de baixa dimensão a uma velocidade curial aos mínimos aceites pelo servidor neste horizonte. Assim, é possível evadir diversas defesas contra ataques DDoS, já que, dadas as características do ataque, a atividade aparenta ser legítima. Deste modo o servidor mantém a sessão ativa e, consequentemente, consome recursos com largura de banda reservada. Mais se acrescenta que este tipo de ataque pode ser concretizado via utilização da ferramenta Slowloris.
- *Recursive GET Flooding*: o atacante visa sobrecarregar o servidor alvo, mediante o envio de pedidos GET no âmbito da obtenção de longas listas de páginas ou imagens. Assim, este ataque possibilita o consumo de recursos enquanto aparenta ser atividade legítima.
- *Random Recursive GET Flooding*: o atacante executa um ataque, essencialmente, análogo ao *Recursive GET Flooding*, mas emprega uma abordagem que permite selecionar aleatoriamente as páginas requisitadas nos pedidos enviados.

No caso concreto do ataque ReDoS, cabe notar que este emprega *regular expressions*, de modo a concretizar um ataque de DDoS. Assim, o atacante constitui pedidos que visam obter quantidades extraordinariamente elevadas e complexas de padrões de pesquisa, possibilitando a exaustão de recursos ou, potencialmente, o acontecimento de *crashes* no sistema alvo [9].

### C. Ferramentas utilizadas

Existem inúmeras ferramentas que possibilitam a concretização de um ataque DDoS, nomeadamente os *stressors*. Neste seguimento, cabe notar que, esta categoria, é constituída por um conjunto extenso de outras ferramentas construídas, de modo a possibilitar a realização de um *stress test* a uma rede. Assim, dadas esta capacidade intrínseca de sobrecarregar uma rede, estas ferramentas podem, também, ser empregues em ataques de DDoS. Mais se acrescenta que, estas ferramentas, possuem níveis de especialidade distintos, já que, algumas, são capazes de executar ataques mediante múltiplos vetores distintos, enquanto que outras especializam-se em concretizar ofensivas numa determinada camada do modelo OSI [13], [14].

Nesta senda, cumpre clarificar algumas categorias de ferramentas empregues em ataques de DDoS, a saber: *Long and slow attack tools*; *Application Layer attack tools*; *Protocol Layer attack tools* [13].

No caso concreto das primeiras ferramentas, tal como o nome indica, estas proporcionam a possibilidade de realizar ataques DDoS *Long and Slow*, já que a metodologia consiste em enviar para o seu alvo uma quantidade baixa de volume de dados a uma velocidade muito lenta. Deste modo, estas ferramentas permite efetuar a manutenção de conexões, em múltiplas portas, com um sistema alvo durante longos períodos de tempo, promovendo um consumo considerável de recursos deste mesmo. Mais se acrescenta que, estas ferramentas,

podem, inclusivamente, ser eficientes na concretização de um ataque DDoS, sem a necessidade de utilizar uma BOTNET, sendo frequentemente empregues por atacantes que só possuem acesso a um único dispositivo [13], [14].

Por sua vez, as segundas, executar ataques DDoS de aplicações, mais especificamente ofensivas deste tipo que procuram comprometer a camada 7 do modelo OSI. Assim, um atacante, mediante utilização destas ferramentas e, consequentemente, de uma das técnicas explanada no ponto II.B.3, pode lançar uma quantidade desproporcionada de pedidos a um sistema alvo. Mais se acrescenta que, este tráfego adicional, revela dificuldade de deteção, ou seja, é complicado para as defesas do alvo distinguirem este de pedidos normais, efetuados por utilizados legítimos [13].

As terceiras ferramentas supramencionadas, procuram explorar vulnerabilidades presentes em protocolos, de modo a comprometer a disponibilidade de um sistema alvo. Deste modo, importa realçar que, estas ferramentas, são, habitualmente, empregues por BOTNETs, já que a magnitude do ataque promovido por estas aumenta, consideravelmente, com o acréscimo de quantidade de dispositivos que pertencem a este. Mais se acrescenta que, quando empregues em um único dispositivo, estes utensílios podem ser totalmente ineficientes [13].

**TODO: Maybe falar das mais comuns (esta no link da citação)**

### D. Impactos e Motivações

Cada ataque DDoS possui características que o distinguem dos demais, inclusivamente no que aos impactos e motivações diz respeito.

No âmbito dos impactos, cabe notar o prejuízo financeiro associado a um ataque DDoS bem-sucedido a uma organização, já que estes podem causar um decréscimo de produtividade dos funcionários desta mesma, indisponibilidade dos seus serviços, inclusivamente, podendo agravar esta consequência mediante a potencial perda de clientes e perda global de rendimentos, via incapacidade de realizar os seus processos de negócio. Além disso vão, também, existir custos associados à recuperação dos sistemas afetados, assim como à implementação de medidas que possibilitem precaver e mitigar futuros ataques. Mais se acrescenta que, estes ataques, podem, também, causar complicações legais, mais especificamente disputas entre a organização que sofreu o ataque e os seus clientes, potencialmente agravando, assim, os prejuízo financeiro associado ao ataque [10], [15], [16].

Nesta senda, importa, também, realçar que os ataques DDoS podem ser particularmente danificantes para a reputação de uma organização, nomeadamente para empresas que proporcionam serviços onde a disponibilidade revela-se imperativa. Assim, no caso concreto destas empresas, um ataque à disponibilidade dos seus serviços, devido ao *downtime* que causa, pode danificar gravemente a reputação desta mesma, assim como a sua relação com clientes e parceiros. Mais se acrescenta que, um ataque DDoS pode, inclusivamente revelar vulnerabilidades e fraquezas adicionais nos sistemas de uma organização, assim como na sua rede interna que facultam



a possibilidade de, posteriormente, serem executados outros tipos de ataques que exploram estes mesmos [10], [15], [16].

Por sua vez, no âmbito das motivações, cabe notar que os atacantes justificam as suas ações com base em ganhos financeiros, via utilização de diversas técnicas, nomeadamente extorsão e *blackmailing*, onde são efetuadas promessas de interromper os ataques, mediante o pagamento de um valor de resgate. Além disso, os ataques podem ser perpetrados por um indivíduo que possua a necessidade de vingança para com uma organização específica ou um outro indivíduo, assim como por alguém que procura comprovar as suas capacidades ou que apenas possui o intuito de obter satisfação pessoal [15], [17].

Neste seguimento, importa, também, realçar que os ataques DDoS podem ser motivados por ações de *hackivism*, onde um atacante procura utilizar estes ataques para chamar atenção e protestar um político, política ou ideologia, assim como governos e outras instituições relevantes, nomeadamente administrativas ou políticas. Mais se acrescenta que a *cyberwarfare* demonstra ser um assunto progressivamente mais perentório, no horizonte de ataques DDoS, já que estes são crescentemente utilizados por países, de modo a possibilitar o comprometido de diversos aspetos de outros países, permitindo, assim, obter ganhos políticos e militares [15], [17].

### III. DEMONSTRAÇÃO PRÁTICA

Tópicos a abordar:

- 0.75 páginas
- Setup
- Execução
- Resultados (e potenciais observações)
- Considerações éticas e legais (caso seja necessário palha)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra

fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

### IV. ESTRATÉGIAS E DESAFIOS NA MITIGAÇÃO

#### TODO - Especificar que isto são deteção através de sinais

No âmbito da deteção de ataques DDoS, importa realçar que este processo envolve, essencialmente, o reconhecimento de sinais que indicam que o sistema encontra-se como alvo de ataque. Assim, revela-se imperativo notar estes mesmos sinais, a saber [15]:

- Aumento súbito e inesperado de tráfego de rede de uma localização específica ou de um endereço IP particular
- Desempenho fraco e irregular da rede, nomeadamente no âmbito dos tempos de carregamento dos *websites* e da disponibilidade global dos serviços. Mais se acrescenta que um abrandamento considerável de um sistema é um sinal evidente de que este se encontra sob um ataque DDoS.
- Mensagens de erro de servidores, *timeouts* e incapacidades em aceder a serviços e aplicações inexplicáveis. Assim, aquando destas circunstâncias, um atacante conseguiu comprometer a disponibilidade do sistema. Mais se acrescenta que, no caso concreto de um ataque DDoS de grau superior de seriedade, estas complicações não serão resolvidas mediante, exclusivamente, redução do tráfego de rede que chega a esta.
- Queixas, por parte dos funcionários, sobre uma conectividade de rede fraca. Mais se acrescenta que, este sinal, revela principal utilidade em circunstâncias onde a rede utilizada pelos funcionários é a mesma que a rede empregue pelos serviços, servidores e aplicações da organização.
- Desempenho transversalmente reduzido de dispositivos pertencente à mesma rede. Neste caso concreto, é possível perspetivar que o atacante comprometeu com sucesso a largura de banda da rede, minimizando a disponibilidade desta para os dispositivos que de si dependem.
- Notificações do *Internet Service Provider*, *Cloud Service Provider*, assim como outros fornecedores de serviços empregues.

#### TODO - Abordar ferramentas em específico

Tópicos a abordar:

- 2 páginas
- Dificuldades de deteção
- Escalabilidade das defesas
- Sofisticação dos ataques
- Assimetria entre recursos de ataque e defesa (...)
- como detetar um ataque DDoS

- Estratégias de ultima geração com grandes impactos
- AI-Driven traffic analysis; cloud-based mitigation; zero-trust network security; ect
- Estratégias mais tradicionais e ferramentas (maybe)

## V. PERSPETIVA FUTURA

Tópicos a abordar:

- 1 página
- Evolução dos vetores de ataque
- Riscos associados à interconetividade de dispositivos (e de que maneira o aumento desta pode provocar mais problemas no âmbito relevante)
- enfatizar o papel das redes 5g da escala enorme de interconetividade dos dispositivos
- O papel da IA e do ML na constituição de ataques DDoS e na proteção destes
- Políticas e regulamentações (caso seja necessaria palha)

## VI. CONCLUSÃO

The conclusion goes here.

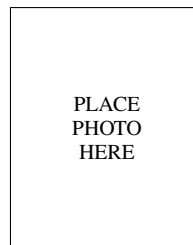
- 0.5-1 páginas

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "What is a distributed denial-of-service (DDoS) attack?" [Online]. Available: <https://www.cloudflare.com/learning/ddos/what-is-a-ddos-attack/>
- [2] "What Is a DDoS Attack? | IBM," Oct. 2022. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/ddos>
- [3] "DoS and DDoS Attacks. What are Their Differences? - zenarmor.com," Aug. 2024. [Online]. Available: <https://www.zenarmor.com/docs/network-security-tutorials/dos-vs-ddos-attacks>
- [4] "Distributed Denial of Service: How DDoS Attacks Work," Jun. 2018, section: Pre-emptive Safety. [Online]. Available: <https://www.kaspersky.com/resource-center/preemptive-safety/how-does-ddos-attack-work>
- [5] "What is a DDoS Attack? DDoS Meaning, Definition & Types." [Online]. Available: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/ddos-attack>
- [6] L. Arnold, "The Rise of DDoS Attacks: A Growing Threat to Cyber Security," Sep. 2024. [Online]. Available: <http://www.redhelix.com/media/ddos-attacks/>
- [7] "What is a Botnet? Kaspersky," Sep. 2017, section: Threats. [Online]. Available: <https://www.kaspersky.com/resource-center/threats/botnet-attacks>
- [8] "What is a Botnet?" [Online]. Available: <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-botnet>
- [9] C. Kime, "Complete Guide to the Types of DDoS Attacks," Dec. 2022. [Online]. Available: <https://www.esecurityplanet.com/networks/types-of-ddos-attacks/>
- [10] "Different Types of DDoS Attacks Explained | ConnectWise," Aug. 2023. [Online]. Available: <https://www.connectwise.com/blog/cybersecurity/types-of-ddos-attacks>
- [11] P. Nicholson, "AWS hit by Largest Reported DDoS Attack of 2.3 Tbps," Jun. 2020. [Online]. Available: <https://www.a10networks.com/blog/aws-hit-by-largest-reported-ddos-attack-of-2-3-tbps/>
- [12] "What is R.U.D.Y. (R-U-Dead-Yet?) | DDoS Tools | Imperva." [Online]. Available: <https://www.imperva.com/learn/ddos/rudy-r-u-dead-yet/>
- [13] "How to DDoS | DoS and DDoS attack tools." [Online]. Available: <https://www.cloudflare.com/learning/ddos/ddos-attack-tools/how-to-ddos/>
- [14] "How to DDoS | Common DDoS Attack Tools | Radware." [Online]. Available: <https://www.radware.com/cyberpedia/ddos-attacks/how-to-ddos-seven-common-ddos-attack-tools/>
- [15] C. S. E. Canada, "Defending against distributed denial of service (DDoS) attacks – ITSM.80.110," Jan. 2024, last Modified: 2024-02-23. [Online]. Available: <https://www.cyber.gc.ca/en/guidance/defending-against-distributed-denial-service-ddos-attacks-itsm80110>
- [16] "Impact of DDoS Attacks on Businesses | StormWall," Aug. 2024. [Online]. Available: <https://stormwall.network/resources/blog/impact-of-ddos-attacks-on-businesses>
- [17] Z. Brodsky, "The Psychology Behind DDoS: Motivations and Methods," Feb. 2020. [Online]. Available: <https://www.perimeter81.com/blog/network/the-psychology-behind-ddos-attacks>



**Ricardo Pereira** Biography text here.



**André Filho** Biography text here.