PRESERVAÇÃO DE DOCUMENTOS ARQUIVÍSTICOS DIGITAIS: UM ESTUDO INICIAL DE SEGURANÇA E VULNERABILIDADES EM *DOCKER CONTAINER* PARA CRIAÇÃO DE SERVIÇOS DE RDC-ARQS

Nilton Freitas Barbosa, Guilherme Fay Vergara, Daniel Alves da Silva,
Fábio G. Ferreira Tabosa, Flávio Garcia Praciano e Georges Daniel Amvame-Nze
Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília - DF, Brasil - Zipcode 70910-900

RESUMO

A preservação de documentos arquivísticos digitais é fundamental para garantir acesso às informações em longo prazo. Para o propósito da preservação digital, existem os Repositórios Digitais Confiáveis (RDC-Arqs) que são projetados de forma a cumprir as normas e as práticas arquivísticas. RDC-Arqs construídos com tecnologia de *software* de virtualização baseada em *Docker container* requerem o uso de mecanismos de segurança e identificação de vulnerabilidades inerentes a essa plataforma para garantir sua confiabilidade. O objetivo desta pesquisa é realizar um estudo inicial de segurança e vulnerabilidades em *Docker* para criação de serviços de RDC-Arqs.

PALAVRAS-CHAVE

Preservação Digital, Repositórios Digitais Confiáveis, RDC-Arqs, *Docker Container*

1. INTRODUÇÃO

A preservação de documentos arquivísticos digitais consiste em promover estratégias e ações que permitam o acesso e a disponibilidade da informação digital íntegra e autêntica em ambiente confiável para que suas funcionalidades possam ser reproduzidas corretamente por outra tecnologia no futuro (Conarq, 2015; Conarq, 2016; Ferreira, 2016; Wilson, 2017; Flores, 2019). Esse ambiente é parte fundamental na implementação das respectivas políticas e estratégias de preservação (Ferreira, 2016; Tripathi, 2018; Arellano e Cariniana, 2016). Porém, a ausência de procedimentos adequados de segurança e de preservação suscita dúvidas quanto à confiabilidade, autenticidade e acessos futuros (Lacombe e da Silva, 2011). A vulnerabilidade quanto à presunção de autenticidade e à manutenção da integridade em longo prazo reforça a necessidade do armazenamento de documentos digitais em um ambiente confiável denominado Repositório Digital Confiável (RDC-Arq).

Existem várias soluções tecnológicas disponíveis para a criação de serviços e aplicações de um repositório digital. A mais comum em uso atualmente é a plataforma *Docker* (Tossato, 2015).

Este estudo inicial é baseado em levantamento de bibliografia e normativo de acordo com a resolução Conarq N° 43 (Conarq, 2015), norma arquivística brasileira que estabelece diretrizes para a implementação de repositórios digitais confiáveis em conformidade com padrões internacionais como o modelo de referência *OAIS - Open Archival Information System* (ISO 14721) e a ISO 16363, principalmente, e procura demonstrar os mecanismos de segurança e vulnerabilidades da tecnologia de virtualização baseada em *Docker container* na criação de serviços e aplicações de RDC-Arqs.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A segurança é um dos principais desafios ao executar serviços em ambientes virtuais. Os problemas de segurança que podem existir em ambientes virtualizados com *containers* ainda necessitam de melhor compreensão. *Containers* compartilham recursos diretamente com o *kernel* do *host*. E essa característica pode apresentar vulnerabilidades que comprometam o nível de segurança dessa plataforma na implementação de serviços e aplicações de um RDC-Arq. Este documento procura demonstrar, inicialmente, os mecanismos de segurança da arquitetura *Docker* e o seu impacto em um RDC-Arq criado nessa plataforma.

3. ANÁLISE DE SEGURANÇA E VULNERABILIDADES

A plataforma *Docker* é uma solução de *container* popular devido à sua portabilidade, facilidade de implantação e de configuração (Tossato, 2015). Dentre suas características destaca-se o uso dos mecanismos de segurança a nível do *Linux Kernel*, como *Linux Capabilities* e *Linux Security Module (LSM)*, combinados com *Namespaces* e *Cgroups*, que protegem as configurações do *container* e o próprio *Linux Kernel* de possíveis ataques. O componente *Linux Capabilities* limita os privilégios de cada processo. O componente *Linux Security Module (LSM)* provê um *framework* para o *Linux Kernel* suportar diferentes modelos de segurança. *LSMs* como *AppArmor*, *SELinux*, *Seccomp* têm sido integrados ao *Linux Kernel* oficial (Kabbe, 2017; Kundu e Bano, 2015). O *AppArmor* é um componente que protege o sistema operacional através de perfis de segurança para cada recurso. *Linux Capabilities* são unidades distintas associadas a privilégios de usuário. Antes do *Linux Kernel*, versão 2.2, essas permissões eram divididas em duas categorias: superusuário (ID=0) e usuário (ID>0). Após a versão 2.2, esse mecanismo permite ativar ou desativar privilégios de maneira independentemente. Além dos recursos a nível do *Linux Kernel*, o processo *Docker Daemon* é o responsável pelo gerenciamento, carga e execução dos *containers*. Esse processo, essencial à plataforma, é executado com privilégios de superusuário e utiliza *sockets UNIX*.

A partir do nível de segurança do *Linux Kernel*, a arquitetura da plataforma *Docker* implementa o Isolamento de Processos (*Process Isolation*), Isolamento do Sistema de Arquivos (*Filesystem Isolation*), Isolamento de Dispositivos (*Device Isolation*), Isolamento de Comunicação Entre Processos (*IPC Isolation*), Isolamento de Rede (*Network Isolation*) e Gerenciamento de Recursos (*Manage of Resources*), que aumentam o grau de segurança dessa solução tecnológica. A Figura 1 apresenta a arquitetura de virtualização utilizada pelo *Docker*, seus componentes e os componentes do *Linux Kernel* que serão detalhados a seguir.

Figura 1. Arquitetura de virtualização utilizada na plataforma *Docker* (adaptado de Combe, 2016), seus componentes e os componentes do *Linux Kernel*

O Isolamento de Processos (*Process Isolation*) tem o objetivo de prevenir que o uso de *containers* maliciosos interfira em outros *containers* através da interface de gerenciamento de processos. O isolamento dos processos do *container* ocorre com o uso de *namespaces* que restringem as permissões e a visibilidade aos processos de outros *containers*. Esse mecanismo cria um número de processo (PID) para os *namespaces*, individualizando o número de processo do *namespace* do *container* e do seu *host*. Como os números de processos (PID) dos *namespaces* são hierárquicos, um processo visualiza somente outros processos ou processos-filhos dentro do seu *namespace*. O *host* pode interagir com os processos de um *container*, mas processos dentro do *container* não conseguem interagir com outros processos do *host* ou de outros *containers*. Garantir que processos não interajam entre si sem a devida permissão é assegurar o funcionamento adequado de serviços ou aplicações em *container*, requisito de segurança presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura e de segurança e na ISO 16363 que trata a gestão de riscos de infraestrutura técnica.

O Isolamento do Sistema de Arquivos (*Filesystem Isolation*) protege o sistema de arquivos de acessos e de modificações indevidas. O uso de *namespaces* de sistema de arquivos isola a hierarquia do sistema de arquivos entre *containers*. O sistema de arquivos do *Kernel* como `"/sys"`, `"/proc/sys"`, `"/proc/sysrq-trigger"`, `"/proc/irq"` e `"/proc/bus"`, por exemplo, são compartilhados com o *container*, permitindo acesso direto ao sistema de arquivos do *host*. Minimizam-se as ameaças ao sistema de arquivos do *host* usando dois mecanismos de proteção: (1) removendo-se a permissão de escrita a esses sistemas de arquivos a partir do *container* e (2) não se permitindo que qualquer processo do *container* remonte o seu sistema de arquivos através da exclusão do recurso CAP-SYS-ADMIN e do emprego do mecanismo *copy-on-write* (Walsh, 2014). O sistema de arquivos é o local aonde serão armazenados os documentos digitais. A proteção de um sistema de arquivos é um requisito de armazenamento e preservação presente no modelo OAIS e na norma arquivística brasileira que trata de requisitos para um repositório digital confiável organizados segundo a infraestrutura organizacional, de gerenciamento digital e de tecnologia e segurança.

A comunicação entre processos (*IPC - Inter-Process Communication*) é o compartilhamento de dados entre processos através de mecanismos como semáforos, fila de mensagens, segmentos de memória compartilhados. Os processos de um *container* se comunicam exclusivamente com um determinado conjunto de recursos *IPC* e não interferem em outros *containers* ou no *host*. O isolamento de comunicação entre processos (*IPC Isolation*) ocorre através de *IPC Namespaces* distintos, com IDs Únicos, para se evitar a leitura/escrita de recursos entre *IPC Namespaces* diferentes. Assegurar o compartilhamento correto de dados entre processos é garantir o funcionamento adequado de serviços ou aplicações em *container*. É o requisito de segurança presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura e de segurança e na ISO 16363 que trata a gestão de riscos de infraestrutura técnica.

O Isolamento de Rede (*Network Isolation*) é fundamental para prevenção de ataques de rede, como *Man-in-the-Middle* (MitM) e *ARP spoofing*, e de manipulação de tráfego de rede entre *containers* diferentes. O isolamento de rede ocorre através de *Namespaces* de rede (*Network Namespaces*) que atribuem endereços IP, tabelas de roteamento, dispositivos de rede únicos a cada *container*. Isso permitirá a interação entre *containers* através das suas respectivas interfaces de rede. A conectividade entre *containers* e com o *host* ocorre através da placa de rede virtual *Virtual Ethernet bridge* (Docker Inc., 2019), através da qual o *Docker* cria, no *host*, a interface de rede *docker0* para envio de pacotes entre as diversas interfaces de rede. Ao criar um *container*, o *Docker* gera uma nova interface de rede virtual e a conecta à *Virtual Ethernet bridge*. Contudo, esse modelo de conectividade de rede é vulnerável a ataques *ARP Spoofing* e *Mac Flooding*, uma vez que os pacotes transitam sem filtro algum pela rede. Ataques dessa natureza podem ser mitigados através de um sistema IPS (*Intrusion Prevention System*). A segurança na conectividade e comunicação de rede é um requisito fundamental para operar e administrar serviços e aplicações. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que observa o aspecto de funcionamento do repositório com base em sistema operacional e outros softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência OAIS que trata de serviços de rede que fornecem recursos e mecanismos de acesso a dados e interoperabilidade de aplicações.

O Isolamento de Dispositivo (Device Isolation) é o mecanismo de segurança que, através do *cgroups*, limita o conjunto de dispositivos aos quais o container terá acesso. Esse controle é primordial para manter serviços e aplicações funcionando de acordo com a infraestrutura disponível. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que observa o uso de softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência *OAIS* que, para proteção de informações e acesso restrito a um sistema de informação, trata de serviços de segurança do sistema operacional tais como controle de acesso a dados, funções e recursos de *hardware* e *software*.

O Gerenciamento de Recursos (Manage of Resources) é outro mecanismo de segurança importante que utiliza o *cgroups* para limitar acesso a recursos como *CPU* e memória de cada *container*. Configurar limites e restrições aos recursos alocados para cada *container* permite o uso racional dos recursos disponíveis de acordo com a infraestrutura definida. Esse requisito está presente na norma arquivística brasileira que trata do armazenamento, preservação e funcionamento do repositório com base em softwares de infraestrutura com bom suporte do mercado e da comunidade de usuários, e no modelo de referência *OAIS* através de serviços de sistema operacional, de rede e de segurança.

4. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

A preservação digital tem como objetivo garantir o acesso contínuo à informação digital íntegra e autêntica. Os repositórios digitais confiáveis (RDC-Arqs) são ambientes onde os documentos arquivísticos digitais serão armazenados, controlados e preservados. Nas instituições brasileiras, estar em concordância com a resolução Conarq N° 43 é requisito primordial para se criar um repositório digital confiável. Com a adoção da virtualização baseada em *Docker*, este estudo inicial procura demonstrar, a partir da bibliografia pesquisada, que os mecanismos de segurança dessa plataforma trazem confiabilidade a serviços e aplicações em *container*. E a combinação desses mecanismos com recursos de segurança a nível do *Linux Kernel* elevam o nível de proteção dos *containers*. A conformidade dos mecanismos de segurança da plataforma *Docker* com os requisitos dessa norma arquivística permite, a princípio, criar um repositório digital confiável com seus serviços e aplicações implementados em *containers*. Como exemplo, o repositório digital *Artefactual Archivematica*, adotado em instituições brasileiras, possui instalação em *Docker container*.

5. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, a comparação dos mecanismos de segurança da plataforma *Docker* com outras soluções similares poderá trazer novas abordagens de segurança quanto à prevenção e à detecção de vulnerabilidades. A segurança é um dos principais desafios ao executar serviços em ambientes virtualizados.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio das Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CNPq (Projeto INCT SegCiber 465741/2014-2), CAPES (Projetos FORTE 23038.007604/2014-69 e PROBRAL 88887.144009/2017-00) e FAPDF (Projetos UIoT 0193.001366/2016 e SSDDC 0193.001365/2016), bem como o suporte do Laboratório LATITUDE/UnB (Projeto SDN 23106.099441/2016-43), e as cooperações com o Ministério da Economia (TEDs DIPLA 005/2016 e ENAP 083/2016) e o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (TED 002/2017).

REFERÊNCIAS

- Arellano, M. Á. M. e Cariniana, M. A., 2016. Critérios para a preservação digital da informação científica. 2008. 354 f. PhD thesis, Universidade de Brasília (Brazil).
- Combe, T. et al., 2016. To docker or not to docker: A security perspective. *IEEE Cloud Computing*, 3:54–62.

- Conarq, 2015. Resolução Nº 43: Diretrizes para a implementação de Repositórios Arquivísticos Digitais Confiáveis (RDC-Arq). Conselho Nacional de Arquivos (Conarq).
- Conarq, 2016. e-ARQ Brasil: Modelo de Requisitos para Sistemas Informatizados de Gestão Arquivística de Documentos. Conselho Nacional de Arquivos (Conarq).
- Docker Inc., Docker: Network configuration. <https://docs.docker.com/articles/networking>. [Online; acessado em 24-Outubro-2019].
- dos Santos, H. M. e Flores, D., 2015. Repositórios digitais confiáveis para documentos arquivísticos: ponderações sobre a preservação em longo prazo. *Perspectivas em ciência da Informação*, Vol. 20, No. 2, pp. 198–218.
- Ferreira, M., 2016. Introdução à preservação digital: Conceitos, estratégias e actuais consensos. 2006. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002>.
- Flores, D., 2019. Responsabilidades de um Repositório Arquivístico Digital Confiável na perspectiva do Open Archival Information System. *Páginas A & B*, (11), 116-132.
- Hykes, S., 2018. Docker 0.9: introducing execution drivers and libcontainer. Internet:[http://blog.docker.com/2014/03/docker-0-9-introducin g-execution-drivers-and-libcontainer](http://blog.docker.com/2014/03/docker-0-9-introducin-g-execution-drivers-and-libcontainer), [10.03. 2014].
- International Organization for Standardization. *ISO 14721*. 2012. OAIS – Open Archival Information System. Reference model.
- International Organization for Standardization. *ISO 16363*. 2012.
- Kabbe, J. et al., 2017. Security Analysis of Docker Containers in a Production Environment.
- Kernel.org. Secure computing with filters. https://www.kernel.org/doc/Documentation/prctl/seccomp_filter.txt. [Online; acessado em 24-Outubro-2019].
- Kundu, A. e Bano, P., 2015. SELinux & Linux Repository: Introduction. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 6(2), *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Mar 2015, Vol. 6 (2).
- Lacombe, C. e da Silva, M., 2011. Padrões para garantir a preservação e o acesso aos documentos digitais. *Acervo*, 2012, Dez: 113–124.
- Tosatto, Andrea et al., 2015. Container-based orchestration in cloud: State of the art and challenges. In *Ninth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, CISIS 2015*, Santa Catarina, Brazil, July 8-10, 2015, pages 70–75. IEEE Computer Society, 2015.
- Tripathi, S., 2018. Digital preservation: some underlying issues for long-term preservation. *Library Hi Tech News*, Vol. 35 No. 2, pp. 8-12. (Disponível em: <https://doi.org/10.1108/LHTN-09-2017-0067>).
- Walsh, D. J. Bringing new security features to docker. [Opensource.com](https://opensource.com)
- Wilson, T., 2017. Rethinking digital preservation: definitions, models, and requirements. *Digital Library Perspectives*, Vol. 33 No. 2, pp. 128-136. (Disponível em: <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1108/DLP-08-2016-0029>).