Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Nome do Curso

Título: Subtítulo do Trabalho

Autor: Nome do Autor
Orientador: Titulação Acadêmica e Nome do Orientador

Brasília, DF
2013

Nome do Autor

Título: Subtítulo do Trabalho

Monografia submetida ao curso de graduação em Nome do Curso da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Nome do Curso.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Titulação Acadêmica e Nome do Orientador

Coorientador: quando houver, Titulação Acadêmica e Nome do Orientador

Brasília, DF

2013

Nome do Autor
Título: Subtítulo do Trabalho/ Nome do Autor. – Brasília, DF, 2013-
73 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Titulação Acadêmica e Nome do Orientador

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2013.

1. Palavra-chave01. 2. Palavra-chave02. I. Titulação Acadêmica e Nome do Orientador. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Título: Subtítulo do Trabalho

CDU 02:141:005.6

Errata

Elemento opcional da ABNT (2011, 4.2.1.2). **Caso não deseje uma errata, deixar todo este arquivo em branco**. Exemplo:

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas**: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães. 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Folha	**Linha**	**Onde se lê**	**Leia-se**
1	10	auto-conclavo	autoconclavo

Nome do Autor

Título: Subtítulo do Trabalho

Monografia submetida ao curso de graduação em Nome do Curso da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Nome do Curso.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 01 de junho de 2013 – Data da aprovação do trabalho:

Titulação Acadêmica e Nome do Orientador
Orientador

Titulação e Nome do Professor Convidado 01
Convidado 1

Titulação e Nome do Professor Convidado 02
Convidado 2

Brasília, DF
2013

A dedicatória é opcional. Caso não deseje uma, deixar todo este arquivo em branco.

Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.

Agradecimentos

A inclusão desta seção de agradecimentos é opcional, portanto, sua inclusão fica a critério do(s) autor(es), que caso deseje(em) fazê-lo deverá(ão) utilizar este espaço, seguindo a formatação de *espaço simples e fonte padrão do texto (sem negritos, aspas ou itálico.*

Caso não deseje utilizar os agradecimentos, deixar toda este arquivo em branco.

A epígrafe é opcional. Caso não deseje uma, deixe todo este arquivo em branco.

"Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)

Resumo

O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (. . .) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto. O texto pode conter no mínimo 150 e no máximo 500 palavras, é aconselhável que sejam utilizadas 200 palavras. E não se separa o texto do resumo em parágrafos.

Palavras-chave: latex. abntex. editoração de texto.

Abstract

This is the english abstract.

Key-words: latex. abntex. text editoration.

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

Fig.	Area of the i^{th} component
456	Isto é um número
123	Isto é outro número
lauro cesar	este é o meu nome

Lista de símbolos

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence

Sumário

1 Introdução

Este capítulo introduz os conceitos fundamentais que norteiam este trabalho: experimentação em Engenharia de *Software*, segurança de produtos de *software* e *DevSecOps*. Adicionalmente, são apresentados o escopo do problema, a questão de pesquisa que guia a investigação e a estrutura geral do documento e das atividades.

1.1 Contexto

Avaliar os fatores de qualidade de um *software* é de suma importância no desenvolvimento de *software* e, para isso, faz-se necessária a utilização de um modelo que guie a avaliação, de forma a sistematizar o processo e reduzir subjetividades (SIAVVAS et al., 2021). Nesse sentido, o modelo proposto por McCall, Richards e Walters (1977) foi o primeiro modelo hierárquico para analisar a qualidade, no qual os diferentes fatores eram analisados por critérios e avaliados por métricas. Subsequentemente, o modelo de Boehm (1978) evoluiu as ideias de McCall, e ambos se tornaram modelos seminais, servindo de referência para os modelos subsequentes.

A partir da ISO/IEC 9126 (2001), estabeleceu-se um padrão internacional para a qualidade de software que decompunha essa qualidade em características e subcaracterísticas, em um modelo hierárquico, além de definir os termos técnicos da área. A ISO/IEC 25010 (2023) surgiu como uma evolução da ISO/IEC 9126 (2001), expandindo seus conceitos e adaptando o modelo para a nova realidade da qualidade de software moderno. Diferentemente da ISO/IEC 9126 (2001), na ISO/IEC 25010 (2023) a segurança já é definida como um dos pilares da qualidade, e não como uma subcaracterística.

Como padrão internacional de segurança da informação, tem-se a ISO/IEC 27001 (2022). Ela se difere das normas de qualidade de software na medida em que seu foco está na especificação dos requisitos necessários para estabelecer, implementar, manter e melhorar continuamente um Sistema de Gestão de Segurança da Informação (SGSI).

Contudo, tanto a ISO/IEC 25010 (2023) quanto a ISO/IEC 27001 (2022) não fornecem um método para avaliar a segurança de software de maneira quantitativa. Assim, torna-se necessário recorrer a outros modelos e ferramentas que ofereçam uma abordagem numérica para medir a segurança, por meio da definição de métricas, do seu cálculo e do estabelecimento de valores de referência para avaliá-las.

O *DevOps* é um paradigma que visa remover as barreiras entre os times de desenvolvimento e operações, a fim de construir um ambiente colaborativo e integrado (RAJAPAKSE et al., 2022). Seu objetivo é reduzir o ciclo de vida do desenvolvimento de

software, permitindo entregas mais frequentes. As principais práticas de *DevOps* são a Integração Contínua (*CI*), que consiste em integrar o código desenvolvido na ramificação principal com validação de *build* e testes de forma automática para detectar falhas, e a Entrega/Implantação Contínua (*CD*), que consiste em deixar o *software* pronto para entrar em produção e realizar o seu lançamento de forma automatizada (RAJAPAKSE et al., 2022).

Já o *DevSecOps* integra os princípios e práticas do *DevOps*, adicionando o time de segurança ao processo. Esse paradigma implementa uma abordagem de segurança chamada *Shift-Left*, na qual os processos de segurança são realizados desde o início do desenvolvimento, com o objetivo de evitar problemas decorrentes de uma avaliação tardia. Além disso é formado por práticas de segurança como treinamento da equipe, testes de segurança automatizados e *feedback* contínuo (RAJAPAKSE et al., 2022).

Nesse sentido, o modelo de maturidade de segurança OWASP DSOMM (*DevSecOps Maturity Model*) é uma importante ferramenta na construção e avaliação de projetos *DevSecOps*. Ele define atividades, métricas e tecnologias que devem ser usadas para construir um ambiente *DevSecOps*, além de proporcionar o acompanhamento da maturidade da segurança do projeto em cinco dimensões: *Build and Deployment*, *Culture and Organization*, *Implementation*, *Information Gathering* e *Test and Verification* (LANGE; KUNZ, 2024).

1.2 Problema

Medir a segurança de *software* representa um grande desafio (RAJAPAKSE et al., 2022). A literatura atual carece de modelos que apresentem formas sistematizadas de avaliação da segurança; frequentemente, os métodos são baseados em critérios subjetivos, como a análise manual por especialistas, e não possuem validação empírica, o que afeta a confiabilidade dos resultados (SIAVVAS et al., 2021).

No contexto *DevOps*, esse desafio se torna ainda mais difícil. Métodos tradicionais de análise de segurança são impraticáveis devido à velocidade das entregas (RAJAPAKSE et al., 2022). A medicao da seguranca se torna ainda mais desafiador ao lidar ciclos continuos de lançamento. A segurança é uma propriedade multifacetada, emergente e dependente do contexto, o que complica sua quantificação (KUDRIAVTSEVA; GADYATSKAYA, 2024).

1.3 Questão de Pesquisa

A definição da questão de pesquisa foi elaborada utilizando a abordagem *Goal Question Metric* (GQM). Essa é uma abordagem que tem como objetivo definir, de ma-

neira *top-down* e hierárquica, os objetivos a serem alcançados, as perguntas a serem respondidas para cumprir tais objetivos e as métricas necessárias para responder a cada pergunta de forma quantitativa, como mostra a Figura 1. Essa estrutura foi adaptada para o contexto da pesquisa, conforme a Tabela 1, resultando na seguinte questão:

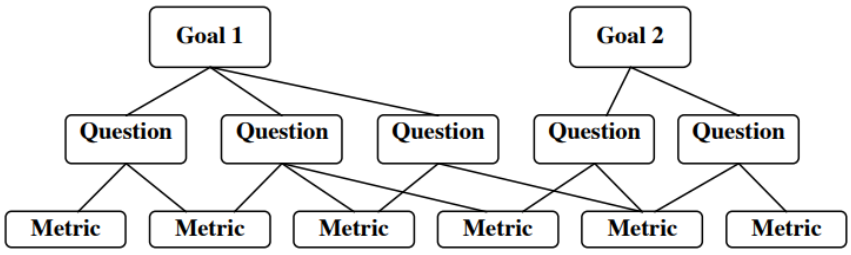
Tabela 1 – GQM Adaptado

Característica	**Valor**
Analisar	A característica de qualidade de produto de *software*: **segurança**
Subcaracterísticas	Confidencialidade, integridade, autenticidade, responsabilidade, etc.
Visões	Interna e externa
Com o propósito de	Caracterizar
Com respeito a	Desenvolvimento e operação de produtos de *software* seguros (DevSecOps)
Do ponto de vista de	Pesquisador
No contexto de	Desenvolvimento de aplicações web seguras (*software* livre, organizações públicas e privadas)

Fonte: Adaptado de Basili, Caldiera e Rombach (1994)

Como analisar a característica de segurança no desenvolvimento contínuo de sistemas *web*, considerando as visões de qualidade interna e externa?

Figura 1 – Abordagem GQM



Fonte: Adaptado de Basili, Caldiera e Rombach (1994)

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar o impacto das práticas DevSecOps na qualidade interna e externa de um produto de software, por meio de uma análise quantitativa. Para alcançar este propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Fundamentar teoricamente os conceitos de *DevSecOps*, modelos de segurança e metodologias de desenvolvimento seguro.

- Incorporar um conjunto de práticas *DevSecOps* ao ciclo de desenvolvimento do produto de *software* sob análise.
- Planejar um estudo de caso focado na observação das práticas implementadas.
- Conduzir o estudo de caso, realizando a coleta e a análise das métricas de qualidade de *software*.
- Apresentar as conclusões e os insights resultantes desta investigação.

1.5 Estrutura do Trabalho

A seguir, são apresentados os capítulos que compõem a estrutura deste trabalho.

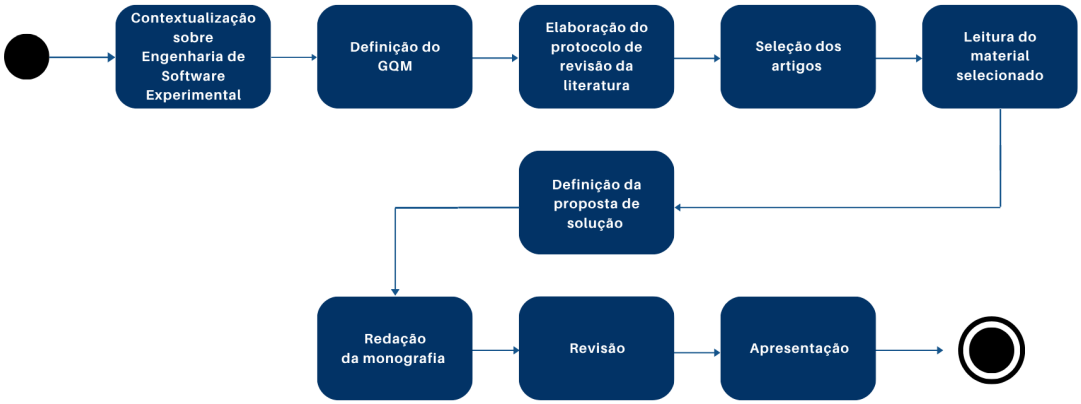
- Introdução: apresenta a contextualização do trabalho, o problema de pesquisa, a definição da questão de pesquisa e dos objetivos do trabalho. Por fim, descreve a estrutura das atividades realizadas.
- Revisão Estruturada da Literatura: explicita o processo empregado para seleção que fundamentam este trabalho incluindo o protocolo de pesquisa e filtragem dos estudos e os resultados obtidos.
- Referencial Teórico: estabelece a fundamentação teórica da monografia, abordando os tópicos centrais da pesquisa: *DevSecOps*, qualidade de *software*, segurança de *software* e modelos de avaliação de maturidade.
- Estudo de caso: descreve o protocolo utilizado para a condução do estudo de caso, detalhando seus objetivos, perguntas de pesquisa, atividades e resultados alcançados.
- Conclusão: consolida os achados obtidos ao final do estudo e como esses resultados respondem à questão de pesquisa principal, bem como as limitações do estudo e as possibilidades de aprofundamento de trabalhos futuros.

1.6 Cronograma e Atividades

1.6.1 Primeira Etapa

Esta subseção detalha as atividades desenvolvidas na primeira etapa da monografia. A Figura 2 ilustra o fluxo das atividades, enquanto a Figura 3 apresenta o cronograma correspondente.

Figura 2 – Atividades da Primeira Etapa



Fonte: Autor

- Contextualização sobre Engenharia de *Software* Experimental: Estudo sobre os métodos de pesquisa empírica em Engenharia de *Software*, como revisão sistemática da literatura, *survey*, experimentos e estudo de caso, fundamentais para a condução do trabalho (WOHLIN et al., 2024).
- Definição do GQM: Aplicação da abordagem *Goal Question Metric* (GQM) para a construção da questão principal de pesquisa, suas subquestões e as métricas que orientarão a revisão da literatura (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994).
- Elaboração do Protocolo de Revisão: Estruturação de um protocolo de revisão sistemática da literatura para pesquisar, selecionar e analisar os artigos (KITCHENHAM; BRERETON, 2013). Este processo inclui a definição da string de busca (baseada no *framework* PICO), a elaboração de sinônimos, a definição dos critérios de inclusão e exclusão e o método para extração de dados.
- Seleção dos Artigos: Execução da filtragem dos estudos por meio da leitura de títulos, resumos e palavras-chave, com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão definidos.
- Análise do Material Selecionado: Leitura completa dos artigos selecionados para aprofundar o conhecimento sobre o estado da arte em métodos de avaliação de segurança de sistemas web e práticas de desenvolvimento seguro.
- Definição da Proposta de Solução: Definição os modelos de segurança, as ferramentas e as atividades do estudo de caso.

Figura 3 – Cronograma da Primeira Etapa

Fonte: Autor

- Redação da Monografia: Escrita do texto da monografia, conforme a estrutura presente na Seção 1.5.
- Revisão: Realização das correções e dos ajustes solicitados pelo orientador.
- Defesa: Preparação do material e apresentação do trabalho final para a banca examinadora.

2 Referencial Teórico

2.1 Engenharia de Software Experimental

2.2 DevSecOps

2.3 Segurança de Software

2.4 Modelos de Qualidade de Software

3 Revisão Estruturada da Literatura

Este capítulo destina-se a documentar o processo realizado para selecionar o conjunto de obras acadêmicas que compõe a bibliografia desta monografia. Para isso, a base de dados Scopus foi escolhida devido à sua característica de indexar diversos artigos da área da computação, muitos publicados nos principais meios de divulgação científica (Elsevier, 2025).

3.1 Protocolo

O protocolo utilizado para realizar a revisão estruturada da literatura foi baseado no modelo proposto por Kitchenham e Brereton (2013). Seu objetivo é tornar possível que outros pesquisadores, partindo do mesmo ponto, cheguem aos mesmos resultados, facilitando a replicabilidade em estudos futuros e permitindo a conferência dos resultados obtidos.

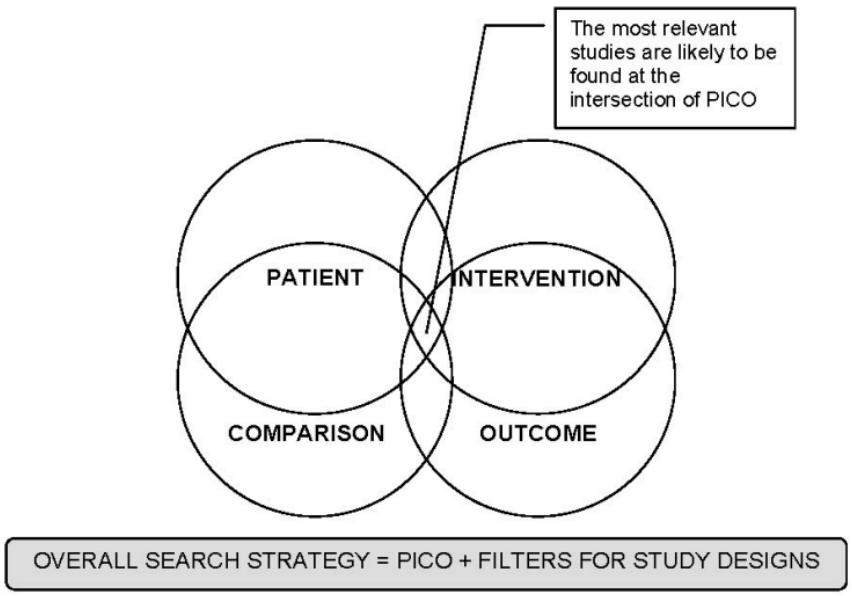
3.1.1 String de Busca

A busca em bases de dados acadêmicas requer o uso de um protocolo, pois elas indexam grande quantidade de artigos de várias áreas. Seu uso incorreto pode acarretar em um número excessivo de artigos sem relação com o tema da pesquisa ou, inversamente, retornar um volume insuficiente de estudos para responder à questão de pesquisa.

Por essa razão, o protocolo PICO foi utilizado para guiar a elaboração de uma *string* de busca adequada às necessidades da monografia. O protocolo, no entanto, precisou ser adaptado, pois sua origem é na medicina e nem todos os seus elementos se adequam ao nosso escopo. Uma representação visual que facilita a compreensão do protocolo pode ser vista na Figura 4 (PAI et al., 2004).

Ao adaptar o modelo PICO para o presente trabalho, suas definições adquirem um novo significado no contexto da Engenharia de *Software*. Por exemplo, *Patient*, outrora usado para indicar o perfil do paciente, passa a representar a área de aplicação, neste caso, o desenvolvimento de *software*. *Intervention* também sofre adaptação, deixando de significar "tratamento médico"para se referir à metodologia avaliada. Não obstantemente, *Outcome* mantém seu sentido original, referindo-se aos efeitos ou consequências observadas. Por fim, *Comparison* que está relacionada a investigar como a intervenção proposta se relaciona com outras propostas de intervenção não pode ser adotada, devido a estar muito mais alinhada com os objetivos da médicina que da engenharia de *software*. Assim, a definição de cada um dos elementos usados do modelo estão definidos na Tabela 2.

Figura 4 – Abordagem GQM



Fonte: Pai et al. (2004)

Desta maneira, a *string* de busca foi construída usando o operador lógico *OR* entre os termos de cada elemento, com o objetivo de englobar todos os termos da pesquisa. Já o operador *AND* foi usado para conectar os diferentes elementos do protocolo PICO, assim restringindo a busca apenas aos estudos que apresentam os termos necessários para responder as perguntas de pesquisa. Ademais, foram adicionados os termos própios da base de dados para a realização da consulta, resultando na seguinte *string* de busca:

TITLE-ABS-KEY (("software development"OR "software developments"OR "software system"OR "software systems"OR "online system"OR "online systems"OR "software application"OR "software applications"OR "system development"OR "systems development"OR "application development"OR "applications development") AND ("DevSecOps"OR "cybersecurity practice"OR "cybersecurity practices"OR "security automation"OR "security automations"OR "secure software development"OR "secure software developments"OR "CI/CD"OR "continuous integration"OR "continuous integrations"OR "continuous deployment"OR "continuous deployments"OR "continuous delivery"OR "continuous deliveries"OR "DevOps"OR "security development culture"OR "security development cultures") AND ("security quality"OR "security qualities"OR "software security"OR "software securities"OR "application security"OR "application securities"OR "security improvement"OR "security improvements"OR "security assurance"OR "security assurances"OR "vulnerability reduction"OR "vulnerability reductions"OR "protection against threat"OR "protection against threats"OR "system security"OR "system securities"OR "OWASP"OR "CWE"OR "common weakness"OR "common weaknesses"))

Tabela 2 – GQM Adaptado

Elementos	**Termo Central**	**Sinônimos e Termos Relacionados**
Population	*software development*	*software systems, online systems, software applications, systems development, application development*
Intervention	*DevSecOps*	*cybersecurity practices, security automation, secure software development, CI/CD, continuous integration, continuous deployment, continuous delivery, DevOps, security development culture*
Outcome	*security quality*	*software security, application security, security improvement, security assurance, vulnerability reduction, protection against threats, system security, owasp, cwe, common weakness*

Fonte: Autor

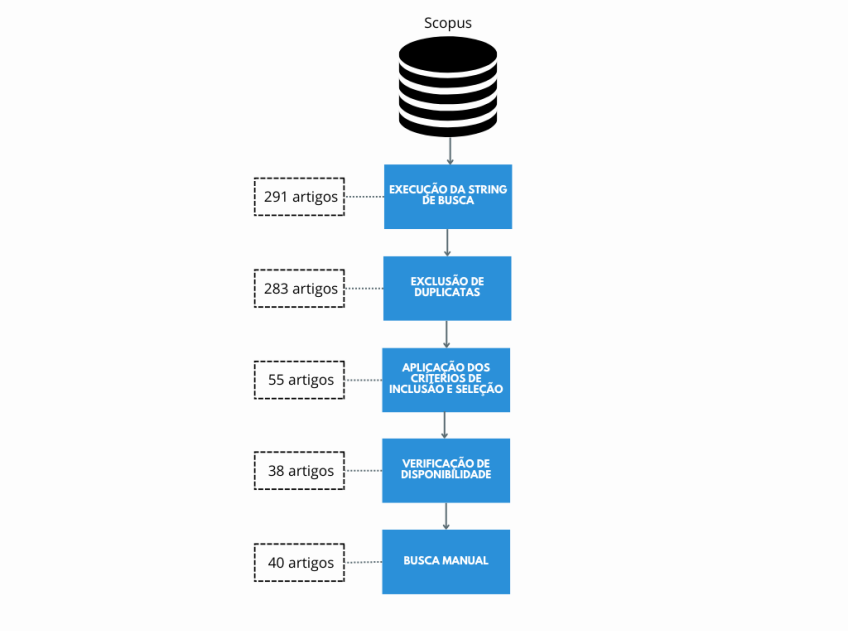
3.2 Seleção dos Artigos

Com a *string* de busca criada, foram estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão visando selecionar apenas os artigos relacionados ao contexto da pesquisa. Além disso, em primeiro momento, foram lidos o título, resumo e palavras-chave de todos os artigos resultantes da execução da *string* de busca, isso se deu para selecionar com maior rigor aqueles estudos que por ventura não correspondessem ao objetivo do trabalho. Posteriormente, os artigos que aprovados pelos critérios de escolha foram lidos e os dados relevantes para a formulação das respostas das perguntas de pesquisa foram extraídos em um formulário. A Tabela 3 e Tabela 4 contém o protocolo completo.

Ao todo foram analisados 291 artigos resultantes da *string* de busca, desses 38 foram aceitos e lidos de maneira integral, sendo que esses artigos foram obtidos na base de dados Elsevier (2025) no dia 7 de maio de 2025. Afim de complementar os artigos selecionados de forma automatizada foi realizada uma busca manual com o objetivo de responder de maneira mais acertiva as perguntas de pesquisa, resultando em mais dois artigos, *Accelerate State of DevOps 2024* (Google, 2024) e *Quantitative DevSecOps Metrics for Cloud-Based Web Microservices* (ZHANG; ZHANG, 2024), usados para compor o referencial teórico, totalizando 40 artigos. Os artigos selecionados estão dispostos nas

Tabela 5, 6, 7 e 8. Para facilitar a compreensão do protocolo de seleção de artigos pode-se verificar a Figura 5, que ilustra todas as etapas explanadas anteriormente.

Figura 5 – Seleção dos Artigos



Fonte: Autor

3.3 Resultados

Esta seção apresentará os resultados obtidos com a leitura do material coletado. Durante o processo de leitura, com o objetivo de facilitar a elaboração das respostas da perguntas de pesquisa e para possibilitar a aferição da revisão da literatura, foi construída uma planilha [1] contendo todos os dados extraídos dos artigos, a planilha está separada em várias páginas, pois cada página está relacionada com uma pergunta de pesquisa ou um conjunto de perguntas de pesquisa semelhantes, desse modo, possibilitando que o leitor consiga enxergar como cada artigo responde as perguntas de pesquisa. Assim, com os dados extraídos dos artigos foi possível estruturar o conhecimento para responder as perguntas de pesquisa baseado no estado da arte sobre o tema.

Nas subseções a seguir são apresentadas as respostas para as perguntas de pesquisa.

3.3.1 Which DevSecOps practices are most prevalent in organizations?

- Metodologias e Cultura
  - *Shift Security Left*: É o princípio fundamental do *DevSecOps*. Ele consiste em deslocar as práticas de segurança para o início do processo de desenvolvimento

[1] Planilha com o resultado da revisão: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1HdgzzRaP8YlS_08hZhIKaUKV9HKP2dTaq4xWVKFzh84/edit?usp=sharing>

do projeto, em vez de deixá-las para o final, como acontece na maioria dos casos. Essa postura eleva a prioridade da segurança no projeto, permitindo que as vulnerabilidades sejam tratadas mais cedo (RAJAPAKSE et al., 2022).

  - *Continuos Vulnerability Assessment*: Juntamente com *Shift Left*, a Avaliação Contínua de Vulnerabilidades forma os pilares do *DevSecOps*. Nessa prática a segurança do *software* é continuamente verificada, não somente durante o desenvolvimento, mas também após a implantação do *software*, pois é necessário monitorar a segurança do sistema durante todo o seu ciclo de vida (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - *CI/CD*: *Continuous Integration* (*CI*) e *Continuous Delivery/Deployment* (*CD*) integram o *DevSecOps*, que se trata de uma evolução do *DevOps*. Como esses conceitos são herdados, é importante defini-los para o completo entendimento da metodologia. *CI* se refere à prática de realizar continuamente integrações de código na *branch* principal do código. Como essa atividade envolve a alteração da ramificação principal, ela é validada por meio de verificadores de *build* e testes automatizados. Já o *CD* visa à implantação automática e contínua das atualizações de código no ambiente de produção. Para isso, o novo código passa por verificações de qualidade e, se tudo estiver de acordo com a política estabelecida, é publicado sem intervenção humana por meio do *pipeline* (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - *Continuous Feedback*: Obter *feedback* de maneira contínua e rápida é vital em ambientes de entrega contínua. Nessa abordagem, os problemas são rapidamente identificados, possibilitando que as informações cheguem depressa às equipes para que as medidas necessárias sejam tomadas. Os métodos tradicionais de coleta de dados e *feedback* são lentos demais para a agilidade requisitada em ambientes *DevSecOps*, e essa lentidão afeta diretamente a velocidade de localização e resolução dos problemas (RAJAPAKSE et al., 2022).

- Testes de Segurança

  - *SAST, DAST, IAST*: Ferramentas *SAST* executam testes estáticos, ou seja, são realizados apenas sobre o código-fonte, podendo indicar potenciais vulnerabilidades e más práticas, conhecidas como *code smells*. Por outro lado, as ferramentas *DAST* analisam o *software* em execução, o que possibilita testar o comportamento do sistema em uso. As ferramentas *IAST*, por sua vez, fornecem uma abordagem híbrida, incorporando características da análise estática e dinâmica; são modernas e possuem boa integração com ambientes de desenvolvimento contínuo (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - *Fuzz Testing*: O teste de *fuzzing*, como também é conhecido, destaca-se entre as práticas de teste de segurança. Ele consiste em fornecer à aplicação entradas

aleatórias, inválidas e inesperadas, de forma a verificar possíveis casos de borda não testados (MASOOD; JAVA, 2015).

  - *BDST*: Os testes *BDST* são baseados no *BDD*, porém aplicados ao contexto de testes de segurança. Como os testes descrevem seu comportamento em linguagem natural, pessoas de fora da área de desenvolvimento e segurança de *software* conseguem compreender os testes realizados (RANGNAU et al., 2020).

- Infraestrutura

  - *IaC*: Essa prática consiste em definir a infraestrutura do projeto como código. É altamente usada em contextos *DevSecOps*, pois possibilita a rápida configuração da infraestrutura. Como está definida em código, pode-se realizar seu versionamento, teste e implantação de forma ágil e adequada a ambientes complexos que necessitam de segurança robusta (RAJAPAKSE et al., 2022).

- Acompanhamento

  - *Monitoring* e *Logging*: Muitas vezes, o registro e a documentação dos eventos relacionados à segurança são negligenciados pelas equipes, o que consiste em um grande erro. Registrar e monitorar fornece um *feedback* valioso que pode ser utilizado para tomar decisões estratégicas ou realizar auditorias (RAJAPAKSE et al., 2022).

3.3.2 Which security models are most commonly employed in DevSecOps environments?

- *OWASP SAMM*: O *Software Assurance Maturity Model* é um modelo prescritivo de maturidade de segurança de *software*, ou seja, ele informa quais atividades precisam ser realizadas, diferentemente de um modelo descritivo, que apenas descreve as atividades. Sua estrutura é adequada para diferentes tipos e tamanhos de empresas, bem como para distintas metodologias de desenvolvimento, como cascata e ágil (LANGE; KUNZ, 2024).

- *OWASP DSOMM*: Embora baseado no *SAMM*, o *DevSecOps Maturity Model* nasce devido à necessidade de um modelo adequado para ambientes *DevOps*, onde a segurança é parte essencial do ciclo de vida. Também é prescritivo, mas, diferentemente do *SAMM*, suas atividades são definidas em um nível mais próximo do programador do que da gestão. Desse modo, ele fornece com detalhes técnicos os requisitos necessários para atingir cada um dos níveis de maturidade em suas diferentes dimensões (LANGE; KUNZ, 2024).

- *BSIMM*: Diferentemente dos outros, este é um modelo descritivo, ou seja, ele descreve atividades sem exigir que sejam implementadas. Outra diferença fundamental é que se trata de um modelo proprietário, mantido pela *Synopsys*. A aplicação do modelo, bem como sua metodologia de avaliação, só estão disponíveis mediante contratação dos serviços da empresa (LANGE; KUNZ, 2024).

3.3.3 Which measures are commonly used for security evaluation?

- Métricas de Zhang: Segundo Zhang e Zhang (2024), medir de forma eficaz as características de *softwares web* é fundamental, porém pouco explorado. Para resolver este problema, eles realizaram uma revisão sistemática da literatura e definiram doze métricas voltadas a atender às necessidades dos sistemas *web* que usam *DevSecOps*. Elas permitem quantificar o desempenho do serviço, a segurança e a eficiência da operação, apoiando, assim, as tomadas de decisão e a melhoria contínua das práticas.
  - Non-Comment Lines of Code: Tamanho do código-fonte, excluindo comentários e linhas em branco.
  - Design Defect Ratio: Proporção de defeitos de design em relação às linhas de código não comentadas.
  - Shared or Unknown Library Ratio: Proporção de bibliotecas compartilhadas ou não verificadas em um serviço.
  - Technical Debt Ratio: Compara o custo de resolução de um débito técnico com o custo total do código-fonte.
  - Continuous Deployment Cycles Score: Pontuação dos ciclos de implantação contínua.
  - Mean Change Lead Time: Tempo médio que uma mudança leva desde o commit até chegar à produção.
  - Mean Time to Recover: Tempo médio para recuperação de falhas causadas nos pipelines de CI/CD.
  - Mean Number of Test Cases Per Parameter: Média de casos de teste por parâmetro.
  - Points of Environmental Risk: Total de riscos de segurança não resolvidos em produção.
  - Time for Response: Tempo médio que as equipes de desenvolvimento levam para solucionar incidentes de segurança.
  - Throughput: Mede a capacidade de processamento de um serviço.
  - Errors Per Time Unit: Taxa de erros em determinada unidade de tempo.

- Métricas DORA: O DevOps Research and Assessment (DORA) é um dos principais programas de pesquisa do mundo na área de DevOps. Esse programa, que faz parte do Google, chegou, após anos de estudos, a quatro métricas-chave para medir os aspectos de DevOps de um projeto. Suas métricas passam por uma avaliação estatística rigorosa para possibilitar o entendimento da relação entre as medições e o sucesso das organizações (Google, 2024).
  - Change lead time: Tempo que uma alteração leva para chegar à produção.
  - Deployment frequency: Frequência com que as alterações chegam à produção.
  - Change fail percentage: Percentual de implantações que causam falhas em produção.
  - Failed deployment recovery time: Tempo necessário para se recuperar de uma implantação com falha.

3.3.4 How are security practices evaluated?

É fundamental que as práticas de segurança sejam avaliadas para que seja possível analisar a eficácia das abordagens adotadas e evoluir as já existentes ou adotar novas que se adequem melhor às necessidades da organização. Sendo assim, a avaliação de métricas representa uma forma eficiente e quantitativa de avaliar práticas de segurança, pois permite acompanhar a evolução das atividades e verificar os resultados de cada uma. Outra forma de analisar as práticas de segurança é por meio de auditorias, que verificam a adequação da organização aos padrões de segurança e conformidade (RAJAPAKSE et al., 2022).

Por fim, podem-se usar modelos de avaliação de maturidade, pois eles introduzem uma linha de base para comparação com a organização avaliada. Eles permitem analisar o estado atual da aplicação, além de identificar áreas de melhoria e traçar um plano para alcançar um nível de segurança mais elevado (LANGE; KUNZ, 2024).

3.3.5 In what ways are security measures evaluated in organizations?

As medidas de segurança são avaliadas de diversas formas dentro das organizações. Uma das principais é a análise da repercussão das métricas de segurança nos KPIs da organização. KPIs (Indicadores-Chave de Desempenho) são as métricas centrais que medem a saúde dos projetos. É crucial criar alertas e dashboards para acompanhar o desenvolvimento das métricas e KPIs, pois, assim, pode-se obter insights de como as métricas de segurança impactam nos indicadores da empresa, além de possibilitar o rastreio das métricas durante todo o período em que foram monitoradas (JOSHI, 2024).

Outra maneira de avaliar as medidas de segurança está relacionada ao quanto elas se adequam ao *compliance* da organização ou a aspectos regulatórios. Muitas vezes, as

empresas precisam seguir rígidos padrões de conformidade relacionados às métricas — como a cobertura de testes, que, dependendo da área, precisa ser extremamente alta —, bem como em setores financeiros, onde uma falha de segurança pode gerar um prejuízo bilionário (KUDRIAVTSEVA; GADYATSKAYA, 2024).

3.3.6 What types of vulnerabilities are mitigated by DevSecOps practices?

Existem diversos tipos de falhas de segurança que podem ocorrer durante o processo de desenvolvimento de *software*, entre elas, falhas que podem extrapolar o escopo do trabalho, como as relacionadas ao *hardware* utilizado. Por esse motivo, é necessário entender quais problemas de segurança são afetados pelas práticas *DevSecOps*, pois, desse modo, será possível analisar de forma mais assertiva a repercussão da adoção dessa metodologia na qualidade da segurança. Assim, na Tabela 9, foram elencadas as principais vulnerabilidades impactadas por esse paradigma.

3.3.7 What tools and technologies are used in DevSecOps?

- Monitoramento: Prometheus, Grafana, Loki
- Infraestrutura: Terraform, Kubernetes, Docker
- CI/CD: Jenkins, GitLab CI/CD, GitHub Actions, Tekton, ArgoCD
- Testes: SonarQube, FindBugs, Snyk, OWASP Dependency-Check, OWASP ZAP, Trivy, Detect Secrets, Asylo, StackHawk, JMeter, Selenium

3.3.8 What is the annual volume of DevSecOps publications from 2009 to 2025?

O volume anual de artigos está representado na Figura 6. Observa-se o crescimento das pesquisas sobre o tema, principalmente após o ano de 2020, chegando a seu pico em 2024. Em abril de 2025, mês em que a string de busca foi executada, a quantidade de estudos já se igualava ao volume de todo o ano de 2023, o que evidencia o crescimento e a importância da área nos meios acadêmico e profissional.

3.3.9 How many articles were published in academic journals?

Como indicado na Figura 7, a grande maioria dos artigos foi publicada em revistas científicas. Desse modo, sabe-se que a maior parte dos artigos passou por um critério alto de revisão e análise de qualidade, elevando o nível de confiabilidade dos resultados da pesquisa.

Figura 6 – Volume Anual de Artigos entre 2009 e 2025

Fonte: Autor

3.3.10 How many studies have experimental validation?

Um total de dezesseis estudos conta com validação experimental de diferentes tipos, conforme ilustra o gráfico da Figura 8, que apresenta a quantidade de estudos que possuem ou não essa validação. O baixo índice de validação experimental pode estar relacionado à característica emergente da área; por ser muito recente, ainda falta estabelecer e consolidar os métodos de pesquisa comumente usados em outras áreas para a validação dos estudos.

3.3.11 If the study has experimental validation, what type?

Existem diferentes tipos de validação experimental, entre eles o estudo de caso, o experimento, as entrevistas e as pesquisas. Esses foram os métodos utilizados na elaboração dos 16 artigos que contêm validação experimental. A quantidade de cada tipo está representada no gráfico da Figura 9, do qual se depreende que a validação por estudo de caso é, com grande margem, o método mais utilizado. Isso se deve, principalmente, à característica do DevSecOps de estar ligado a muitos projetos reais, tanto na academia quanto na indústria, o que cria um ambiente propício para a aplicação de estudos de caso, pois eles possibilitam analisar e obter insights ao estudar o desenvolvimento realizado durante a construção de um produto.

Figura 7 – Artigos Publicados em Revistas

Fonte: Autor

Tabela 3 – Protocolo de Busca

Perguntas de Pesquisa	1. How can the security aspect in the continuous development of web systems be analyzed considering internal and external quality perspectives? 2. Which DevSecOps practices are most prevalent in organizations? 3. Which security models are most commonly employed in DevSecOps environments? 4. Which measures are commonly used for security evaluation? 5. How are security practices evaluated? 6. In what ways are security measures evaluated in organizations? 7. What types of vulnerabilities are mitigated by DevSecOps practices? 8. What tools and technologies are used in DevSecOps? 9. What is the annual volume of DevSecOps publications from 2009 to 2025? 10. How many articles were published in academic journals? 11. How many studies have experimental validation? 12. If the study has experimental validation, what type?
String de Busca	Tabela 2
Critérios de Inclusão	1. Addresses the use of secure development practices 2. Emphasizes the security quality of web systems 3. Evaluates quality models with a focus on security 4. Focuses on software products 5. Includes experimental validation

Fonte: Autor

Tabela 4 – Continuação do Protocolo de Busca

Perguntas de Exclusão	1. Articles in languages other than English or Portuguese 2. Duplicate publication 3. Publications with a release date prior to 2009 4. Studies focusing on hardware, mobile, IoT security, or other topics unrelated to web systems.
Formulário de Extração	1. Title 2. Abstract 3. Publication Year 4. Publication Source 5. Authors 6. Keywords 7. Prevalent DevSecOps Practices 8. Security Models Employed 9. Security Evaluation Measures 10. Security Practices Evaluation 11. Security Models Analysis 12. Organizational Security Evaluation 13. Mitigated Vulnerabilities 14. Tools and Technologies 15. Published in Academic Journal 16. Experimental Validation 17. Type of Experimental Validation 18. Secondary Research

Fonte: Autor

Tabela 5 – Artigos Selecionados

N°	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
1	Development of Secure Software Based on the New DevSecOps Technology	Sim	Não
2	Automating Security in a Continuous Integration Pipeline	Não	Não
3	Extensive Review of Threat Models for DevSecOps	Sim	Não
4	Implementing and Automating Security Scanning to a DevSecOps CI/CD Pipeline	Sim	Não
5	Automating Static Code Analysis Through CI/CD Pipeline Integration	Sim	Sim
6	Design and Practice of Security Architecture via DevSecOps Technology	Sim	Sim
7	Implementation of DevSecOps by Integrating Static and Dynamic Security Testing in CI/CD Pipelines	Sim	Não
8	Research of Static Application Security Testing Technique Problems and Methods for Solving Them	Sim	Não
9	A Large-scale Fine-grained Empirical Study on Security Concerns in Open-source Software	Sim	Sim
10	Evolution of secure development lifecycles and maturity models in the context of hosted solutions	Não	Não

Fonte: Autor

Tabela 6 – Continuação dos Artigos Selecionados

N°	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
11	Automation and DevSecOps: Streamlining Security Measures in Financial System	Sim	Não
12	Securing the development and delivery of modern applications	Sim	Não
13	You cannot improve what you do not measure: A triangulation study of software security metrics	Sim	Sim
14	On DevSecOps and Risk Management in Critical Infrastructures: Practitioners' Insights on Needs and Goals	Sim	Sim
15	Container Security in Cloud Environments: A Comprehensive Analysis and Future Directions for DevSecOps	Não	Sim
16	Microservices-based DevSecOps Platform using Pipeline and Open Source Software	Não	Não
17	Securing the Digital Frontier: A Proactive Approach to Software Development	Sim	Não
18	A Secure Software Development Methodology for Enterprise Business Applications	Sim	Sim
19	Building Resilient CICD Pipelines: A DevOps Security-First Framework	Sim	Não
20	Review of Techniques for Integrating Security in Software Development Lifecycle	Não	Não

Fonte: Autor

Tabela 7 – Continuação dos Artigos Selecionados (cont.)

N°	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
21	A hierarchical model for quantifying software security based on static analysis alerts and software metrics	Sim	Sim
22	A preventive secure software development model for a software factory: A case study	Sim	Sim
23	Security impacts of sub-optimal DevSecOps implementations in a highly regulated environment	Sim	Sim
24	A survey and comparison of secure software development standards	Sim	Sim
25	Continuous Security Testing: A Case Study on Integrating Dynamic Security Testing Tools in CI/CD Pipelines	Sim	Sim
26	Infiltrating Security into Development: Exploring the World's Largest Software Security Study	Não	Sim
27	Challenges and solutions when adopting DevSecOps: A systematic review	Sim	Não
28	Systematic Mapping Study on Security Approaches in Secure Software Engineering	Sim	Não
29	Systematic Literature Review on Security Risks and its Practices in Secure Software Development	Sim	Não
30	BP: Security concerns and best practices for automation of software deployment processes: An industrial case study	Sim	Sim

Fonte: Autor

Tabela 8 – Continuação dos Artigos Selecionados (cont.)

N°	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
31	Static analysis for web service security - Tools & techniques for a secure development life cycle	Sim	Não
32	Security characterization for evaluation of software architectures using ATAM	Sim	Sim
33	Software security	Sim	Não
34	Using the ISO/IEC 27034 as reference to develop an application security control library	Sim	Sim
35	Hunting for aardvarks: Can software security be measured?	Não	Não
36	Francois Raynaud on DevSecOps	Sim	Não
37	Integrating application security into software development	Sim	Não
38	Busting a myth: Review of agile security engineering methods	Sim	Não

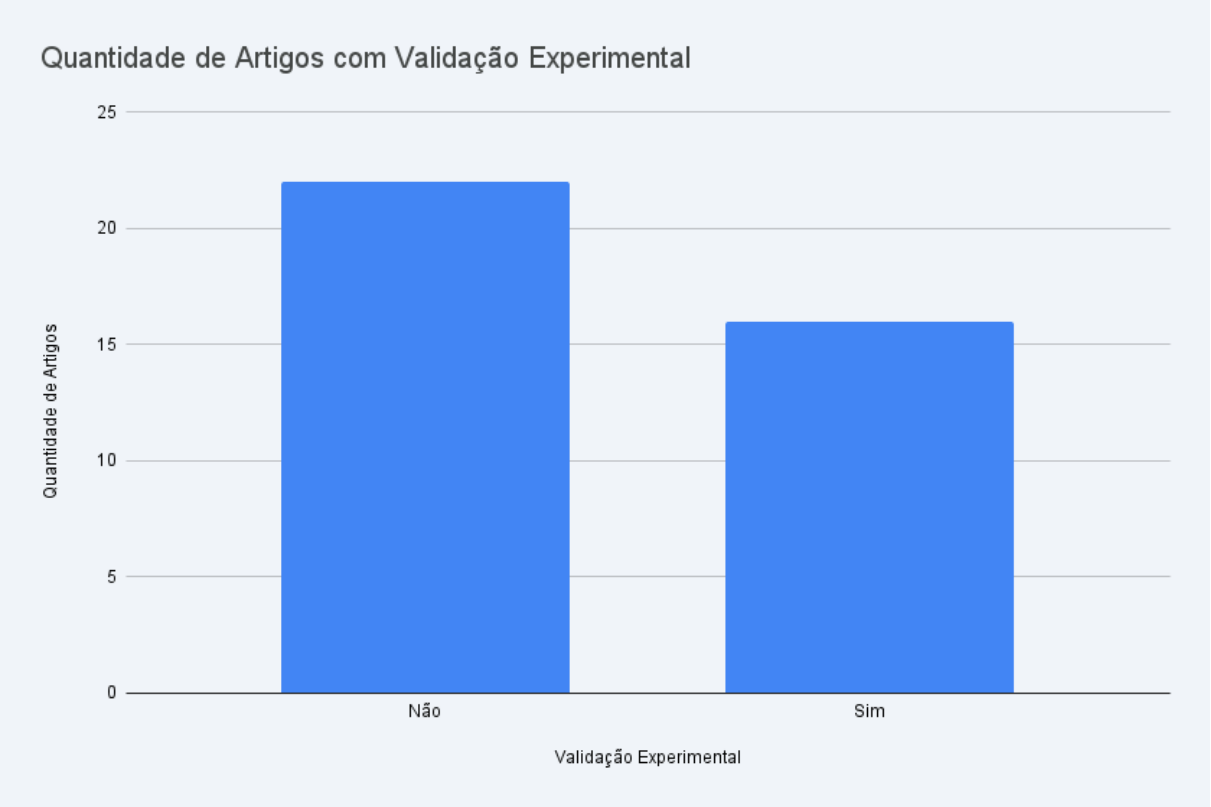
Fonte: Autor

Tabela 9 – Vulnerabilidades Reduzidas

Vulnerabilidade	**Referência**
SQL Injection	Saeed et al. (2025)
Command Injection	Ramirez, Aiello e Lincke (2020)
XSS	Saeed et al. (2025)
XXE	Nocera et al. (2023)
Buffer Overflow	Ramirez, Aiello e Lincke (2020)
CSRF	Kushwaha, David e Suseela (2024)
DDoS	Saeed et al. (2025)
MITM	Nocera et al. (2023)
Broken Authentication	Saeed et al. (2025)
Broken Access Control	Saeed et al. (2025)
Security Misconfiguration	Saeed et al. (2025)
Session Hijacking	Kushwaha, David e Suseela (2024)
SSRF	Nocera et al. (2023)

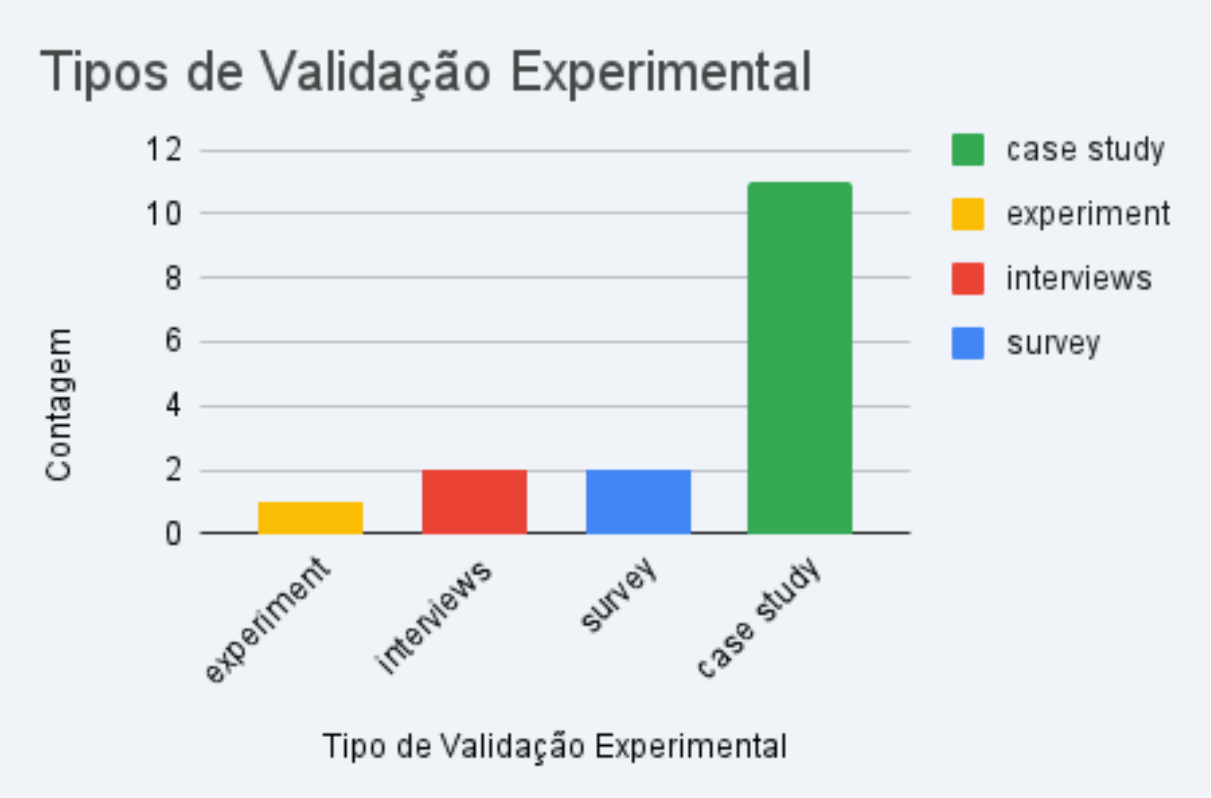
Fonte: Autor

Figura 8 – Quantidade de Artigos com Validação Experimental



Fonte: Autor

Figura 9 – Tipos de Validação Experimental dos Artigos



Fonte: Autor

4 Planejamento do Estudo de Caso

Neste capítulo é apresentado o planejamento do estudo de caso conduzido na segunda etapa do trabalho, aqui são estabelecidos os conceitos e definições relacionados a esse tipo de estudo, além de conter as estratégias adotadas para efetivamente responder as perguntas de pesquisa.

4.1 Definição

Yin (2001) define o estudo de caso como uma investigação empírica que analisa um determinado fenômeno da atualidade em seu contexto real, ou seja, o pesquisador se insere no ambiente cotidiano onde o objeto de estudo está sendo executado. Runeson e Höst (2009) defendem que esse método se adequa muito bem a diversas pesquisas realizadas na engenharia de software, devido a necessidade de analisar fenômenos contemporâneos interligados, o que dificulta sua análise de forma isolada.

Também, de acordo com Yin (2001), o estudo de caso é flexível e iterativo, isso significa que a estrutura do estudo pode se adaptar no decorrer da pesquisa, pois o pesquisador ao realizar as iterações de coleta e análise dos dados, pode vir a perceber características do caso que não foram possíveis serem identificar a priori.

Os estudos de caso devem coletar dados de múltiplas fontes, dessa forma, ao verificar que múltiplas fontes de dados apontam para a mesma conclusão, aumenta-se robustez e confiabilidade dos resultados, pois é diminuido a probabilidade de erro ou viés, além de fornecer uma visão mais ampla sobre o caso.

4.2 Objetivo

Segundo (SIAVVAS et al., 2021), o desenvolvimento de software seguro é pautado na medição da qualidade da segurança de software, pois assim, é possível avaliar o nível da segurança do produto e conseguir traçar metas para guiar os processos de melhoria contínua do sistema. Porém, por diversas vezes são utilizados critérios de avaliação subjetivos ou que não possuem a devida validação, o que pode acarretar catastofrés relacionadas a segurança do produto. Situação essa que se agrava ao se tratar de práticas emergentes na indústria, como DevSecOps, que apesar de seu destaque no desenvolvimento ágil por muitas vezes carece de avaliação por metodologias apropriadas.

Assim, o objetivo desse estudo consiste em descorbrir como as práticas DevSecOps afetam os aspectos relacionados a segurança de um projeto de software, usando métodos

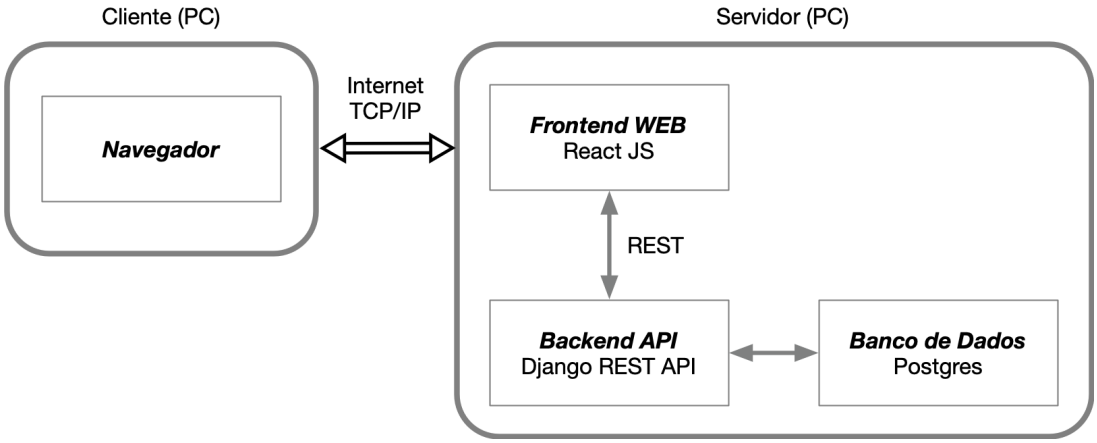
propostos por pesquisadores que compõe o estado da arte da engenharia de software para análise da segurança.

4.3 Caso

O MEPA - Contratos de Energia é um sistema web open-source criado pelo Laboratório Avançado de Produção, Pesquisa e Inovação em Software (LAPPIS) da Universidade de Brasília (UnB) e que recebe contribuições de alunos durante o semestre, devido à sua integração com a disciplina de Gerência de Configuração e Evolução de Software, também ministrada na UnB.

A arquitetura consiste em um frontend construído com o framework Next.js do React, que forma a interface com o usuário. Essa interface se comunica com um servidor Python construído com o framework Django. Os dados são persistidos em um banco de dados PostgreSQL que se conecta ao sistema pelo Django. A comunicação entre a interface e o servidor é feita por uma API REST; dessa forma, a interface gráfica se comunica apenas com o servidor, e este faz a comunicação com o banco de dados, fornecendo os dados necessários para a exibição na interface. Essa arquitetura pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 – Arquitera Geral



Fonte: LAPPIS

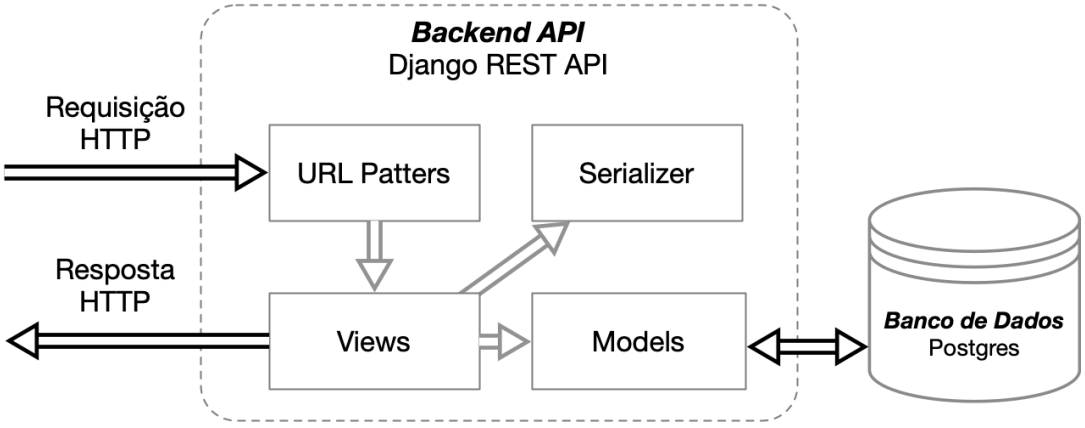
A API (servidor) é composta por quatro módulos. O primeiro, chamado de Models, contém as definições dos objetos que serão armazenados no banco de dados, incluindo seus atributos e os comportamentos básicos de criar, remover, atualizar e deletar.

O módulo Serializer é responsável por serializar e desserializar os objetos definidos nos Models. Ele traduz e valida os dados entre o formato de comunicação da API (JSON) e o formato mais complexo usado internamente pelo framework.

Após a tradução dos objetos, o módulo de visualização (Views) realiza o processamento das requisições e respostas HTTP, que são capturadas pelo módulo de roteamento

de requisições. Essa arquitetura está ilustrada na Figura 11.

Figura 11 – Arquitera do Backend



Fonte: LAPPIS

A Figura 12 representa a arquitetura da interface gráfica (frontend), construída com o framework Next.js e a biblioteca React para a criação de componentes. Utiliza-se também a biblioteca Redux para gerenciar os estados e manter a consistência do fluxo de dados da aplicação. Os componentes são a parte principal da interface, pois é através deles que o usuário interage com o sistema. Eles representam todos os elementos visuais e são utilizados para evitar o acoplamento do código e facilitar a resolução de problemas.

Quando o usuário executa uma ação em um componente, uma função criadora de ação é chamada. Essa função gera um objeto de ação que descreve o que aconteceu. Em seguida, essa ação é enviada para um redutor. O redutor, por sua vez, avalia a ação e determina como o estado da aplicação deve mudar, retornando um novo estado atualizado.

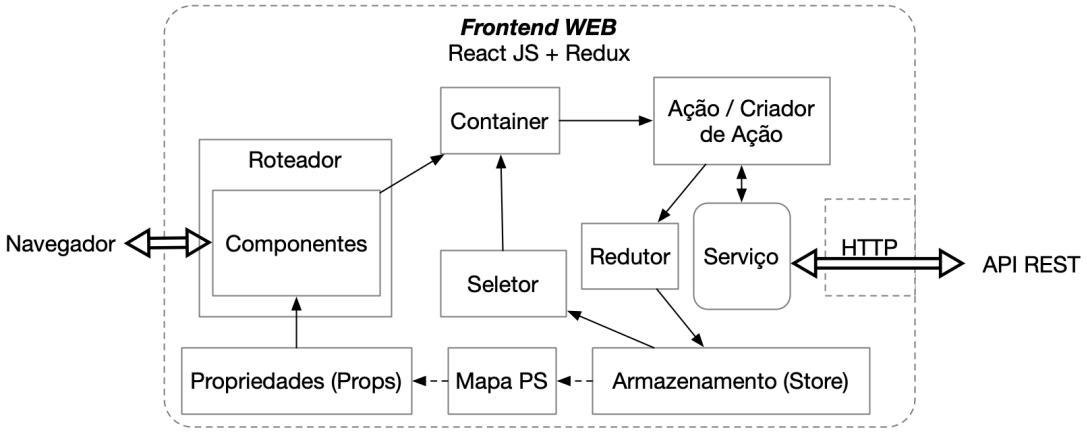
Esse novo estado é salvo na Store, que centraliza e armazena todas as informações de estado da aplicação. Quando a interface detecta uma mudança na Store, os novos dados são passados para os componentes relevantes por meio das Propriedades (Props), garantindo que a interface do usuário reflita o estado atual da aplicação.

4.4 Trabalhos Relacionados

4.5 Questão de Pesquisa

Similar ao processo realizado no planejamento da revisão da literatura, a metodologia GQM Basili, Caldiera e Rombach (1994) foi usada para definição das perguntas espécificas derivadas da pergunta principal e suas métricas para conduzir o estudo, de modo a não desviar do objetivo principal e estabelecer a avaliação quantitativa de cada uma das perguntas derivadas da pergunta principal, que agora norteaiam o estudo de caso.

Figura 12 – Arquitera do Backend



Fonte: LAPPIS

A ISO/IEC 25010 (2023) define como confidencialidade, a capacidade do sistema de impedir o acesso não autorizado às informações, assim, impedindo que os dados privados sejam visíveis para quem não possui as permissões necessárias. Ela será uma a sub-característica de segurança analisadas neste estudo de caso, por meio da análise de vulnerabilidades detectadas no pipeline de CI/CD. Para corroborar com essa análise e fazer a triangularização da coleta de dados, uma avaliação qualitativa com os membros do time é necessária para observar os impactos dessas novas práticas no processo de desenvolvimento.

À vista disso, as seguintes perguntas específicas foram elaboradas:

- Questão Específica 1: A aplicação de práticas DevSecOps permitiu identificar vulnerabilidades de segurança sob as perspectivas da qualidade interna e externa do produto?
  - Métrica 1.1: Quantidade de vulnerabilidades identificadas por ferramentas SAST e SCA a cada execução do pipeline.
  - Métrica 1.2: Quantidade de vulnerabilidades identificadas por ferramentas DAST no ambiente de testes.
- Questão Específica 2: A análise automatica da segurança do pipeline e as métricas coletadas ajudaram na tomada de decisões relacionadas ao projeto?
  - Métrica 2.1: Taxa de builds/deploys bloqueados devido à descoberta de vulnerabilidades.
  - Métrica 2.2: Feedback do time obtido por um questionário sobre os impactos das novas práticas.

4.6 Fonte de Dados

Para coletar os dados necessários para a posterior avaliação das métricas são necessárias diferentes fontes de dados. Primeiramente, as ferramentas SAST e SCA são executadas diretamente no código-fonte. Outra fonte de dados é o sistema em uso, que será usado para a obtençao dos dados referentes às ferramentas DAST que analisam o software em execução. Adiconalmente, o orquestrador de CI/CD atuará como fonte de dados para coletar os tentativas falhas de integração do código, evidênciando a identificação de falhas pelas ferramentas.

Por fim, a equipe técnica será a fonte de dados dos formulários de avaliação ao final do estudo de caso, permitindo a análise qualitativa e triangularização dos resultados.

4.7 Procedimentos

Primeiramente, é necessário realizar a integração e configuração das ferramentas de segurança ao pipeline de CI/CD, nesta etapa serão definidos os críterios para o bloqueio ou merge das novas versões do código para que o processo de desenvolvimento não torne oneroso devido as restrições de segurança.

Após a configuração das ferramentas, é preciso estabeler a linha de base de segurança do projeto, ou seja, avaliar o estado atual do aplicação e gerar o primeiro conjunto de dados que serão usados para comparação na conclusão da monografia.

Então, a execução contínua da análise de segurança será iniciada, durante o segundo semestre letivo de 2025 os desenvolvedores utilizarão a nova pipeline em seu cotidiano, enquanto as métricas são coletads para análise futura.

Ao final da observação, os dados quantitativos serão centralizados e analisados para produzir as métricas obtidas ao final do estudo, além de ser realizada a aplicação do questionário de coleta e da percepção da equipe para obter a opinião dos participantes do estudo.

4.8 Análise de Dados

Os dados quantitativos serão analisados usando estatística descritiva e análise de tendência. Para Métrica 1.1 e 1.2 será calculada a frequência absoluta de vulnerabilidades encontradas, ao passo que a Métrica 2.1 será calculada a taxa percentual de builds bloqueados em relação ao total de builds executados no período em avaliação. Esses dados serão dispostos em um gráfico de linhas em função do tempo para acompanhar como as ferramentas ajudaram na detecção de vulnerabilidades.

Para a análise de frequência de respostas do questionário, a frequência de cada das respostas de cada pergunta será registrada, de modo a possibilitar o cálculo da moda, pois ao ter a opinião da maioria dos participantes sobre o tópico solicitado será possível obter a percepção geral do impacto das atividades realizadas.

4.9 Instrumentação

A instrumentação se refere às ferramentas que serão utilizadas para a realização do estudo de caso, aqui estão definidas as ferramentas usadas para a análise da segurança do sistema, controle de implementação do código, versionamento do código da pipeline feita e coleta de informações da equipe.

O SonarQube é uma ferramenta de open-source de avalição da qualidade e segurança do código-fonte. Ele realiza análise estática para detectar bugs, vulnerabilidades e code smells em várias linguagens. Ele fará parte das ferramentas white-box integradas ao pipeline realizando a análise estática de segurança de aplicação (SAST).

O Trivy é um scanner de segurança de código aberto. Ele é utilizado na análise de composição de software, verificando as bibliotecas de terceiros do projeto, garantindo que componentes externos ao projeto não insiram vulnerabilidades no sistemas. Além disso, ele é capaz de buscar vulnerabilidades em containeres e configurações de infraestrutura como código. Ele complementará o SonarQube como ferramenta white-box.

O OWASP ZAP foi desenvolvido para encontrar problemas de segurança em aplicações web em execução. Ele será empregado para realizar a Análise Dinâmica de Segurança de Aplicação (DAST) em um ambiente de testes.

O GitLab CI/CD é uma ferramenta integrada ao GitLab que permite a automação das etapas do ciclo de vida do software, através dele que as ferramentas de segurança serão executadas automaticamente e ele servirá para bloquear o build/deploy caso vulnerabilidades sejam encontradas.

O Git é um sistema de controle de versão e o GitHub é uma plataforma de hospedagem de código-fonte para controle de versão com Git. Eles serão utilizados para o versionamento e armazenamento dos artefatos por este estudo de caso.

O Google Forms permite a criação rápida e fácil de formulários online, além de permitir a gestão e análise dos resultados. Ele será utilizado para a aplicação do questionário que coleta os dados qualitativos da equipe.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724*: Informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 15 p. Citado na página 3.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. The Goal Question Metric Approach. In: MARCINIAK, J. J. (Ed.). *Encyclopedia of Software Engineering*. [S.l.]: Wiley, 1994. v. 1, p. 528–532. Citado 3 vezes nas páginas 29, 31 e 55.

BOEHM, B. W. *Characteristics of Software Quality*. [S.l.]: North-Holland, 1978. (TRW Series of Software Technology). Citado na página 27.

Elsevier. *Scopus*. 2025. Disponível via Portal de Periódicos da CAPES. <https://www.scopus.com/>. Acesso em: 20 de julho de 2025. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 37.

Google. *DORA*. [S.l.], 2024. Acessado em: 20 de julho de 2025. Disponível em: <https://dora.dev>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 42.

ISO/IEC 25010. *ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*. Geneva, CH, 2023. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 56.

ISO/IEC 27001. *ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements*. Geneva, CH, 2022. Citado na página 27.

ISO/IEC 9126. *ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model*. Geneva, CH, 2001. Esta norma foi descontinuada e substituída pela ISO/IEC 25010:2023. Citado na página 27.

JOSHI, H. A secure software development methodology for enterprise business applications. In: . [s.n.], 2024. p. 7 – 12. Cited by: 1. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85217554758&doi=10.1109%2fICODSE63307.2024.10829891&partnerID=40&md5=aa77a0827de37592c910cb0f32cbb0fc>. Citado na página 42.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, P. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, v. 55, n. 12, p. 2049–2075, 2013. ISSN 0950-5849. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584913001560>. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 35.

KUDRIAVTSEVA, A.; GADYATSKAYA, O. You cannot improve what you do not measure: A triangulation study of software security metrics. In: . [s.n.], 2024. p. 1223 – 1232. Cited by: 6; All Open Access, Hybrid Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85194836591&doi=10.1145%2f3605098.3635892&partnerID=40&md5=0beecf2d8290ab7b673bdda3b6300a57>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 43.

KUSHWAHA, M. K.; DAVID, P.; SUSEELA, G. Automation and devsecops: Streamlining security measures in financial system. In: . [s.n.], 2024. Cited by: 0. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85205770194&doi=10.1109%2fCONECCT62155.2024.10677271&partnerID=40&md5=6dd76e3d104de49d5559093b3f58c303>. Citado na página 51.

LANGE, F.; KUNZ, I. Evolution of secure development lifecycles and maturity models in the context of hosted solutions. *Journal of Software: Evolution and Process*, v. 36, n. 12, 2024. Cited by: 0; All Open Access, Hybrid Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85200057398&doi=10.1002%2fsmr.2711&partnerID=40&md5=9b0595cd71d28171da66b90852ed7301>. Citado 4 vezes nas páginas 28, 40, 41 e 42.

MASOOD, A.; JAVA, J. Static analysis for web service security - tools & techniques for a secure development life cycle. In: . [S.l.: s.n.], 2015. Citado na página 40.

MCCALL, J. A.; RICHARDS, P. K.; WALTERS, G. F. *Factors in Software Quality*. [S.l.], 1977. Citado na página 27.

NOCERA, S. et al. A large-scale fine-grained empirical study on security concerns in open-source software. In: . [s.n.], 2023. p. 418 – 425. Cited by: 3. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85183330517&doi=10.1109%2fSEAA60479.2023.00069&partnerID=40&md5=cedd775ef204cc60b75b12f44bdda858>. Citado na página 51.

PAI, M. et al. Systematic reviews and meta-analyses: an illustrated, step-by-step guide. *National Medical Journal of India*, v. 17, n. 2, p. 86–95, mar-apr 2004. PMID: 15141602. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.

RAJAPAKSE, R. N. et al. Challenges and solutions when adopting devsecops: A systematic review. *Information and Software Technology*, v. 141, 2022. Cited by: 91; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85114377924&doi=10.1016%2fj.infsof.2021.106700&partnerID=40&md5=8d37a7b4dea325db0f7ecd9a9ed17a0e>. Citado 5 vezes nas páginas 27, 28, 39, 40 e 42.

RAMIREZ, A.; AIELLO, A.; LINCKE, S. J. A survey and comparison of secure software development standards. In: . [s.n.], 2020. Cited by: 17. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100614059&doi=10.1109%2fCMI51275.2020.9322704&partnerID=40&md5=8b4d0a69a6b627d3d34f5be03aa2c6ba>. Citado na página 51.

RANGNAU, T. et al. Continuous security testing: A case study on integrating dynamic security testing tools in ci/cd pipelines. In: . [s.n.], 2020. p. 145 – 154. Cited by: 57; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096513818&doi=10.1109%2fEDOC49727.2020.00026&partnerID=40&md5=c40a98ef4d8eff4fb8b08e234290f023>. Citado na página 40.

SAEED, H. et al. Review of techniques for integrating security in software development lifecycle. *Computers, Materials and Continua*, v. 82, n. 1, p. 139 – 172, 2025. Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85214507365&doi=10.32604%2fcmc.2024.057587&partnerID=40&md5=16c958450978504c24f727dbb66e06d5>. Citado na página 51.

SIAVVAS, M. et al. A hierarchical model for quantifying software security based on static analysis alerts and software metrics. *Software Quality Journal*, v. 29, n. 2, p. 431 – 507, 2021. Cited by: 21; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85106207514&doi=10.1007%2fs11219-021-09555-0&partnerID=40&md5=b0ecf71985d4ef4c10438eabe73da349>. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 53.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in Software Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2024. ISBN 978-3-662-69306-3. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-69306-3>. Citado na página 31.

ZHANG, J. Y.; ZHANG, Y. Quantitative devsecops metrics for cloud-based web microservices. *IEEE Access*, v. 12, p. 160317 – 160342, 2024. Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85208091278&doi=10.1109%2fACCESS.2024.3486314&partnerID=40&md5=cc74abbeeef3802bac7d726302f6c5e2>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 41.

Apêndices

APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

Texto do primeiro apêndice.

APÊNDICE B – Segundo Apêndice

Texto do segundo apêndice.

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Texto do primeiro anexo.

ANEXO B – Segundo Anexo

Texto do segundo anexo.