



GABRIEL GASPERI CASAGRANDE

**Modernização de Software Legado: Um Mapeamento
Sistemático da Literatura**

LAVRAS – MG

2022

GABRIEL GASPERI CASAGRANDE

**Modernização de Software Legado: Um Mapeamento
Sistemático da Literatura**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Ciência da
Computação, para obtenção do título
de Bacharel.

Defesa em: 28/04/2022

Bruno de Abreu Silva
Membro da Banca

Renata Teles Moreira
Membro da Banca

Paulo Afonso Parreira Júnior
Orientador

LAVRAS - MG
2022

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma participaram no meu processo de formação e de elaboração desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência da Computação, por me formar enquanto profissional e pessoa.

Agradeço ao meu orientador Dr. Paulo Afonso Parreira Júnior pela paciência e por sempre me apoiar em toda a execução deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Alaide e Everaldo, pelo amor e apoio incondicional e por me mostrarem a importância da educação.

Agradeço à minha irmã Andressa por me incentivar mesmo de longe.

Agradeço à minha namorada Thamiris, por ser minha parceira na vida e estar ao meu lado em todo esse processo.

Por fim, agradeço a Deus pela vida e pela capacidade de aprender.

RESUMO

Sistemas Legados (SL), presentes em grande parte das organizações, carregam consigo alguns problemas, dentre eles o uso de tecnologias obsoletas, dificuldades para serem mantidos e degradação da sua arquitetura. No entanto, esses sistemas têm um grande valor para tais organizações, por comportarem informações importantes, tais como suas regras de negócio. Em vista disso, o objetivo do presente estudo é realizar um levantamento das abordagens utilizadas no processo de modernização de SL e prover uma classificação das mesmas, com o intuito de oferecer subsídios para tomadas de decisão em futuros processos de modernização. Tal objetivo justifica-se pela baixa disponibilidade de estudos que se dedicam à questão e pela necessidade de tratar sobre os processos de modernização de sistemas legados para além da descrição em estudos de caso. Deste modo, realizou-se um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), que por sua vez possibilita que haja uma atualização do estado da arte sobre essa temática. Após a realização do MSL, 14 estudos foram selecionados, analisados e classificados em três momentos que perpassam pelo processo de modernização dos SL: iniciação, desenvolvimento e avaliação. Percebeu-se que a área de modernização de SL ainda é pouco investigada e apresenta como lacuna a falta de estudos que abordem o processo de modo aprofundado, o que demonstra a necessidade de fomento e pesquisas, a fim de oferecer maior suporte aos profissionais e avanços na realização da modernização de sistemas legados.

Palavras-chave: Modernização de software. Sistemas legados. Mapeamento sistemático da literatura. Reengenharia. Abordagens

ABSTRACT

Legacy systems, present in most organizations, carry with them some problems, among them the use of obsolete technologies, difficulties to maintain, and degradation of their architecture. However, these systems are of great value to such organizations because they contain important information, such as their business rules. Therefore, the objective of this study is to survey the approaches used in the modernization process of legacy systems and to provide a classification of them, in order to offer subsidies for decision making in future modernization processes. This objective is justified by the low availability of studies dedicated to the issue and by the need to address legacy modernization processes beyond the description in case studies. Thus, a Systematic Mapping of the Literature was carried out, which in turn enables an update of the state of the art on this theme. After performing the Systematic Mapping of the Literature, 14 studies were selected, analyzed and classified into three moments that go through the legacy systems modernization process: initiation, development and evaluation, where the activities and interventions that were performed by the authors of the studies in each of these stages were presented. It was noticed that the area of legacy systems modernization is still poorly investigated and presents as a gap the lack of studies that address the process in depth. This demonstrates the need for support and research in order to offer greater support to professionals and advances in the modernization of legacy systems.

Keywords: Software Modernization. Legacy Systems. Literature Systematic Mapping. Reengineering. Approaches

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----------|
| Gráfico 1 - Descrição dos artigos selecionados de acordo com o ano de publicação. | 22 |
| Gráfico 2 - Distribuição dos artigos de acordo com as bases de dados em que foram indexados | 23 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1 - Descrição dos critérios de inclusão e exclusão | 16 |
| Tabela 2 - Descrição do processo de obtenção dos estudos do MSL | 17 |
| Tabela 3 - Descrição dos estudos selecionados para a amostra | 19 |
| Tabela 4 - Descrição das práticas utilizadas no primeiro momento | 24 |
| Tabela 5 - Descrição das práticas utilizadas no segundo momento | 25 |
| Tabela 6 - Descrição das práticas utilizadas no terceiro momento | 27 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------|--------------------------------------|
| MSL | Mapeamento Sistemático da Literatura |
| SL | Sistema Legado |
| RE | <i>Reverse Engineering</i> |
| OO | Orientado (Orientação) a Objetos |
| UML | <i>Unified Modeling Language</i> |
| ORM | <i>Object Relational Mapper</i> |
| MDD | <i>Model Driven Development</i> |
| DFD | <i>Data Flow Diagram</i> |
| ERD | <i>Entity Relationship Diagram</i> |
| SF | <i>System Flowchart</i> |
| PSM | <i>Platform-Specific model</i> |
| PIM | <i>Platform-Independent model</i> |
| MDA | <i>Model-Driven Architecture</i> |
| KLOC | <i>Kilo Lines of Code</i> |
| LOC | <i>Lines of Code</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 Introdução | 11 |
| 2 Trabalhos Relacionados | 12 |
| 3 Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) | 15 |
| 3.1 Planejamento | 15 |
| 3.2 Condução | 16 |
| 4 Resultados e Discussão | 19 |
| 4.1 Análise e classificação dos resultados | 19 |
| 4.2 Ameaças à validade | 28 |
| 5 Considerações finais | 30 |
| REFERÊNCIAS | 31 |

1 Introdução

Sistemas Legados (SL), presentes em grande parte das organizações, carregam alguns problemas, dentre eles (KHODABANDEHLOO et al., 2021; ASSUNÇÃO et al., 2021): (i) o uso de tecnologias obsoletas, (ii) maior complexidade para serem mantidos e (iii) possível degradação de sua arquitetura. No entanto, esses sistemas têm grande valor para tais organizações, por comportarem seus dados, bem como suas regras de negócio. Por isso, apesar de muitas vezes estarem defasados, SL devem ser preservados e mantidos. Neste contexto, uma das alternativas é realizar a modernização de tais sistemas.

“A modernização de software torna-se relevante quando as tradicionais práticas de manutenção deixam de atender às organizações. Entre os benefícios esperados, podem-se citar a redução dos custos com a manutenção de sistemas legados e a maior integração dos fluxos de negócios entre os sistemas computacionais, de modo a permitir processos mais ágeis, racionais e econômicos nas organizações” (AGILAR, p.1, 2016).

Portanto, a modernização de SL surge como uma alternativa para que os serviços de software das organizações passem por processos contínuos de melhoria, uma vez que esses sistemas carregam informações que são vitais para as corporações (VEMURI, 2008).

Tal processo de modernização pode demandar menores esforços e investimentos, tanto de recursos financeiros quanto de tempo, se comparado ao desenvolvimento de um novo sistema de software (WOLFART et al., 2021; PINTO; BRAGA, 2005; MANCL, 2001). Contudo, apesar de a modernização de SL apresentar-se como uma possibilidade, a tomada de decisão pelo processo de modernização precisa ser realizada com cautela, primeiramente, por se tratar de dados basilares para a empresa e, em segundo lugar, por não ser uma decisão fácil e/ou aplicável a todos os sistemas (PINTO; BRAGA, 2005).

Assim, o conhecimento das abordagens e práticas utilizadas no processo de modernização de SL é necessário, com o intuito de se ter subsídios para tomadas de decisão mais conscientes em futuros processos de modernização. Porém, são

escassos os estudos na literatura que se propõem a buscar, selecionar e classificar, de acordo com suas características, as diferentes abordagens e práticas que podem ser utilizadas para modernização de SL (AGILAR et al., 2016). Assim sendo, foi conduzido um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), com o objetivo de se conhecer as abordagens e práticas utilizadas no processo de modernização de SL. Adotou-se como compreensão de abordagem, métodos ou sequência de passos completos (início, meio e fim) e como práticas entendeu-se como as ferramentas ou técnicas utilizadas durante o processo de modernização, para que as abordagens pudessem ser executadas. Posto isso, a questão de pesquisa norteadora deste trabalho é: *quais são as abordagens e técnicas adotadas para modernização de sistemas legados e como elas podem ser classificadas?*

Tal estudo justifica-se à medida que pode oferecer um direcionamento aos profissionais da Tecnologia da Informação que se dedicam ao processo de modernização de SL, provendo uma visão geral das abordagens disponíveis, bem como fornecendo técnicas e práticas que podem ser aplicadas ao contexto em que estiverem inseridos.

Este trabalho está organizado como segue: no Capítulo 2 foram apresentados alguns trabalhos relacionados ao que foi desenvolvido neste estudo; no Capítulo 3, o processo metodológico adotado (MSL) foi detalhado; no Capítulo 4, os resultados obtidos foram expostos e discutidos, bem como as ameaças à validade deste estudo foram apresentadas. Por fim, no Capítulo 5, as considerações finais acerca do estudo foram apresentadas, bem como algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 Trabalhos Relacionados

Neste capítulo estão descritos os estudos que se relacionam ao tema desta pesquisa, a saber, a modernização dos Sistemas Legados (SL). Buscou-se elucidar os pontos de interseção e as diferenças entre os estudos relacionados e o que foi desenvolvido neste trabalho.

Wolfart et al. (2021), conduziram um MSL, por meio do qual encontraram 62 estudos que tratavam do processo de modernização de SL. O objetivo que norteou o estudo foi a construção de um roteiro que servisse como um guia para que os profissionais e pesquisadores pudessem recorrer ao executarem o processo de modernização de SL. Para responder sua questão de pesquisa, os autores consideraram os motivos que levaram à modernização. Assim, apesar de ser um estudo restrito a microsserviços, não elencou-se apenas estudos que trouxessem abordagens completas para modernização de sistemas legados, mas também aqueles que continham informações sobre o que motivava a modernização desses sistemas. Isso explica por que um número maior de estudos tenha sido selecionado para compor a amostra. Trata-se de um estudo que descreve desde a iniciação do processo de modernização até o planejamento, a execução e o monitoramento. Apesar deste estudo ter alguns objetivos semelhantes aos da presente pesquisa, ele não se preocupa em identificar, descrever e catalogar as diferentes abordagens que têm sido utilizadas para modernização de SL. Outro ponto a ser destacado é que o trabalho correlato em questão se restringiu apenas à arquitetura de microsserviços, enquanto que o presente trabalho se propôs a identificar técnicas que são aplicáveis a qualquer tipo de sistema, incluindo microsserviços.

No estudo de Agilar et al. (2016), os autores foram norteados por três questões: (1) O que caracteriza a modernização dos SL, de acordo com a literatura existente? (2) Quais processos, técnicas e ferramentas foram sugeridas na literatura para apoiar as atividades de modernização de SL? (3) Quais são os motivos que levam as organizações a modernizar seus SL? Apesar de ser um estudo que conceitualiza a modernização dos SL e traz informações sobre as técnicas e ferramentas utilizadas nesse processo, os autores dedicam-se mais à terceira

questão, cujo enfoque está nos motivos que podem culminar na adoção do processo de modernização de um SL. Ademais, o estudo de Agilar et al. (2016) incluiu apenas estudos datados do ano de 1995 a 2015, o que traz um período de tempo significativo, mas demonstra a necessidade da atualização do estado da arte sobre esta temática. Outro ponto relevante a ser comentado é que Agilar e seus colaboradores demonstraram os seus resultados apenas de forma quantitativa, sem, de fato, realizar a classificação das técnicas para modernização de SL, como proposto no presente trabalho.

3 Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL)

Este capítulo dedica-se à descrição acerca do processo metodológico que foi percorrido no presente trabalho. Neste caso, o processo de construção do conhecimento se deu por meio da condução de um Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL), que consiste em sistematizar os dados encontrados dentro de uma área de estudo delimitada, proporcionando a visão geral acerca do objeto de estudo (DERMEVAL et al., 2020).

Em geral, um MSL contempla as seguintes etapas (DERMEVAL et al., 2020; MACHADO; ZAFALON, 2020): (1) planejamento, no qual é definido o objeto de pesquisa, as questões de pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão, a *string* de busca, as bases de dados a serem utilizadas, entre outros (Seção 3.1); (2) condução, na qual realiza-se a identificação e seleção dos estudos a serem analisados (Seção 3.2); e (3) documentação, que consiste na descrição e publicação dos resultados encontrados (Capítulo 4).

3.1 Planejamento

Dentro da etapa de planejamento, encontra-se a elaboração da questão de pesquisa, que norteia as etapas seguintes do estudo, como a definição da *string* de busca e dos critérios de inclusão e exclusão. Dito isso, o presente estudo foi orientado pela seguinte questão de pesquisa: *quais são as abordagens e práticas para modernização de sistemas legados e como elas podem ser classificadas?*

Com a questão de pesquisa definida, faz-se necessário especificar uma *string* de busca, formada por palavras-chave que irão auxiliar na filtragem dos estudos a serem analisados. Torna-se válido ressaltar que o processo de elaboração da *string* de busca foi realizado tendo como base o estudo de Fritsch et al., 2018 e refinado observando-se as palavras chaves que compuseram outros estudos relacionados a área de interesse.

Diante disso, a *string* de busca utilizada foi:

(pattern OR strategy OR approach) AND ("legacy code" OR "legacy system" OR "legacy software") AND (modernization OR reengineering OR refactoring)

Essa *string* foi aplicada nas máquinas de busca dos seguintes indexadores de estudos científicos: *ACM Digital Library*¹, *IEEE Xplore*² e *Scopus*³. Dados os estudos retornados por estes mecanismos de busca, alguns critérios de inclusão e exclusão (Tabela 1) foram aplicados, a fim de selecionar apenas os estudos mais relevantes para a pesquisa em questão.

Tabela 1 - Descrição dos critérios de inclusão e exclusão.

| Critérios de Inclusão | Critérios de Exclusão |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Estudos científicos com disponibilidade para download • Estudos publicados em inglês ou português • Estudos que tratassem especificamente de abordagens para modernização de SL | <ul style="list-style-type: none"> • Estudos duplicados • Versões antigas de estudos, atualizados pelos seus respectivos autores • Estudos não primários (p.ex. MSL) ou não científicos (p. ex. prefácios de livros) • Estudos resumidos (menos de 4 páginas) • Estudos com abordagens parciais para modernização (p.ex. apenas a etapa de engenharia reversa) |

(Fonte: os autores)

3.2 Condução

O processo de busca e seleção dos estudos ocorreu em 4 etapas, cujos resultados encontram-se sumarizados na Tabela 2. A primeira etapa consistiu na aplicação da *string* de busca nos indexadores anteriormente citados, resultando na obtenção de 1073 estudos. Na segunda etapa, alguns critérios foram aplicados e 708 estudos foram excluídos: 283 por se tratarem de estudos duplicados, 425 por não estarem disponíveis para download ou serem considerados estudos resumidos (menos de 4 páginas). Deste modo, a terceira etapa consistiu na análise de 365

¹ <https://dl.acm.org/>

² <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

³ <https://www.scopus.com/home.uri>

estudos. Nesta etapa, realizou-se a leitura do título e do resumo dos estudos, sendo novamente aplicados os critérios de inclusão/exclusão. Com isso, 311 trabalhos não foram selecionados para compor a amostra final, pois a grande maioria não definiu explicitamente uma abordagem para modernização de SL, o que inviabilizou o uso deste estudo para responder à questão de pesquisa deste MSL. Desta forma, restaram 54 estudos para a quarta e última etapa, na qual fez-se a leitura completa dos estudos restantes e uma reaplicação dos critérios, o que ocasionou a rejeição de mais 40 estudos.

Tabela 2 - Etapas do processo de obtenção dos estudos do MSL.

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| 1. APLICAÇÃO DA STRING | Recuperação de estudos a partir das máquinas de busca | ACM DL: 22 IEEE Xplorer: 430 SCOPUS: 421 Total = 1073 |
| 2. PRÉ-SELEÇÃO | Aplicação de alguns critérios de inclusão e exclusão | 708 estudos foram excluídos 283 - Estudos duplicados 425 - não disponíveis para <i>download</i> ou resumidos Total = 365 |
| 3. LEITURA PARCIAL | Leitura dos títulos e resumos dos estudos e aplicação dos critérios | 311 trabalhos foram rejeitados por não tratarem especificamente de modernização de SL Total = 54 |
| 4. LEITURA COMPLETA | Leitura completa dos estudos e reaplicação dos critérios | Rejeição de 40 estudos Total = 14 |

(Fonte: os autores)

Buscou-se evitar estudos que descrevessem apenas parte do processo de modernização. Por exemplo, o estudo de Yang et al. (2000) tratava apenas da fase de Engenharia Reversa (ER) do processo, que consiste na reconstrução de artefatos de níveis mais altos de abstração (p.ex. diagramas UML) a partir de outros de nível mais baixo (p.ex. código fonte). Também buscou-se evitar estudos focados em domínios de software específicos, como linhas de produto de software, *cloud based*

systems e sistemas embarcados, devido a baixa aplicabilidade dessas abordagens e de suas práticas em outros contextos, como por exemplo o de Sistemas de Informação.

Sendo assim, o presente trabalho extraiu informações para responder à questão de pesquisa de uma amostra de 14 estudos. É importante ressaltar que todo o processo de busca e seleção dos estudos foi realizado por um pesquisador e validado por outro pesquisador com conhecimentos na área de modernização de software e MSL, ambos autores do respectivo trabalho. Assim, um dos autores ficou responsável pela busca e recuperação dos estudos nas bases de dados, bem como pela aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, na fase de pré-seleção. A leitura parcial foi realizada em conjunto pelos pesquisadores, de forma que os estudos que geraram dúvidas quanto a sua aceitação para compor a amostra foram discutidos. Com isso, as atividades foram realizadas contando com a avaliação e supervisão de outro pesquisador, desde a elaboração da *string* de busca, passando pela leitura dos estudos até a construção dos resultados e análises.

4 Resultados e Discussão

Neste capítulo, estão apresentados os resultados obtidos a partir do processo de análise dos estudos que foram selecionados para compor a amostra, seguidos pelas classificações realizadas, com o intuito de responder a questão de pesquisa que norteou o presente trabalho.

4.1 Análise e classificação dos resultados

Como descrito no capítulo anterior, que se ateve ao processo metodológico, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra seguiu com 54 estudos, que foram lidos na íntegra, dos quais apenas 14 estudos foram considerados adequados ao objetivo do estudo. Na Tabela 3, os estudos selecionados foram identificados, a fim de facilitar a localização destes ao longo do texto.

Tabela 3: Descrição dos artigos selecionados para a amostra

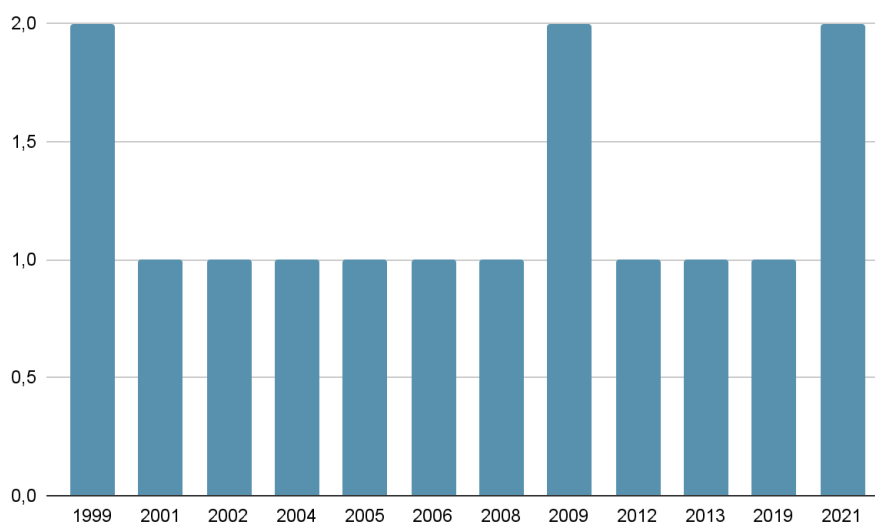
| ID | AUTOR/ANO | TÍTULO | FONTE |
|----|--------------------------|--|---|
| A1 | Papotti et al. (2012) | Reducing Time and Effort in Legacy Systems Reengineering to MDD Using Metaprogramming | ACM Research in Applied Computation Symposium [ACM DL] |
| A2 | Yang et al. (2005) | A Dual-Spiral Reengineering Model for Legacy System | TENCON - IEEE Region 10 Conference [IEEE] |
| A3 | Abdel-Hamid (2013) | Refactoring as a Lifeline: Lessons Learned from Refactoring | Agile Conference [IEEE] |
| A4 | Seng, Tsai (1999) | A Structured Transformation Approach for Legacy Information Systems - A Cash Receipts/Reimbursements Example | 32nd Hawaii International Conference on System Sciences [IEEE] |

| | | | |
|-----|------------------------------------|--|--|
| A5 | Mancl (2001) | Refactoring for software migration | IEEE Communications Magazine [IEE] |
| A6 | Li et al. (2006) | Improved Iterative Object-Oriented Reengineering Process based on Dynamic Coupling Measures | IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics [IEEE] |
| A7 | Khodabandehloo et al. (2021) | A Testing Approach While Re-engineering Legacy Systems: An Industrial Case Study | IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER) [IEEE] |
| A8 | Warren, Ransom (2002) | Renaissance: A Method to Support Software System Evolution | Annual International Computer Software and Applications [IEEE] |
| A9 | Sadovykh et al. (2009) | Architecture Driven Modernization in Practice – Study Results | 14th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems [IEEE] |
| A10 | Adel Alkhalil (2021) | Evolution of existing software to mobile computing platforms: Framework support and case study | International Journal of Advanced and Applied Sciences [Scopus] |
| A11 | Sneeda, Verhoef (2019) | Re-implementing a legacy system | Journal of Systems and Software [Scopus] |
| A12 | Matos, Heckel (2008) | Migrating Legacy Systems to Service-Oriented Architectures | Electronic Communications of the EASST [Scopus] |

| | | | |
|-----|--------------------------|---|--|
| A13 | Cha, et al (2004) | Architecture based software reengineering approach for transforming from legacy system to component based system through applying design patterns | Lecture Notes in Computer Science [Scopus] |
| A14 | Masiero, Braga (1999) | Legacy Systems Reengineering Using Software Patterns | International Conference of the Chilean Computer Science Society [Scopus] |

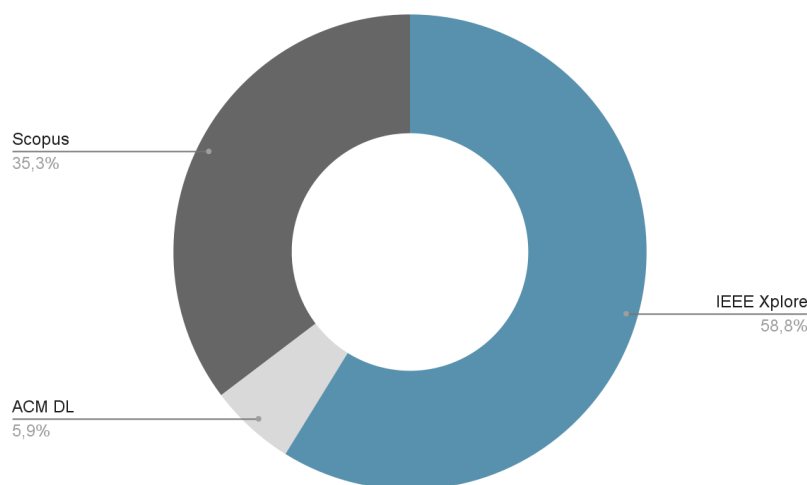
Dos artigos que foram selecionados para compor a amostra, 2 foram publicados no ano de 2021, seguidos por 2 publicados em 2009, 2 publicados em 1999 e os demais publicados um a cada ano, dentro do período de 2001 a 2019, conforme ilustrado no Gráfico 1. No que se refere à base de dados em que os artigos foram indexados, tem-se 8 artigos (58,8%) que foram retornados pela *IEEE Xplore*, 5 pela *Scopus* (35,3%) e 1 pela *ACM DL* (5,9%) (Gráfico 2).

Gráfico 1 - Distribuição dos artigos aceitos por ano de publicação



(Fonte: os autores)

Gráfico 2 - Distribuição dos artigos de acordo com as bases de dados em que foram indexados.



(Fonte: os autores)

Apesar da delimitação temporal para a busca dos estudos nas bases de dados não ter sido um critério para seleção, observa-se, pelo Gráfico 1, que os estudos estão distribuídos de forma, majoritariamente, homogênea ao longo dos anos. Isso demonstra que SL e as abordagens para a sua modernização têm sido objetos de estudos ao longo dos anos.

Após a análise dos estudos selecionados, percebeu-se que as abordagens propostas pelos autores para Modernização de SL apresentaram similaridades. De forma majoritária, essas abordagens foram descritas em etapas ou passos a serem seguidos durante a modernização, que podem ser classificadas em três **momentos**: *iniciação*, *desenvolvimento* e *validação*. **Iniciação**: o momento anterior ao início do processo, no qual são comumente descritas as condições e os contextos em que a escolha pela modernização pode ser aplicada com maiores chances de se obter êxito e são recuperados conhecimentos relevantes acerca do sistema que irão apoiar o processo de modernização. **Desenvolvimento**: o momento no qual é iniciada a mudança em nível de sistema e no qual cada estudo apresenta as práticas adotadas para modernização do SL. **Avaliação**: o momento no qual é realizada a validação do resultado da modernização e no qual se caracteriza o nível de generalização para outros estudos e os pontos que podem ser melhorados. Cabe

ressaltar que não foram todos os estudos que contemplaram os 3 momentos citados anteriormente, conforme pode ser visto adiante neste trabalho.

No momento de **Iniciação**, os estudos propuseram o entendimento do sistema a ser modernizado e também uma análise da viabilidade da modernização. Ou seja, os autores destacaram a importância de se conhecer o SL, tanto em nível estrutural, i.e. compreender o sistema enquanto negócio, quanto em nível técnico, i.e. conhecer a sua plataforma, detalhes de implementação, arquitetura, dentre outros fatores. Assim, além de perceber se a modernização é viável, os profissionais envolvidos no processo irão conhecer o sistema sobre o qual irão trabalhar, a fim de que o processo de modernização seja realizado sem incorrer em perda das funcionalidades que são oferecidas pelo SL. Neste sentido, Ali (2012) ressalta a importância de se conhecer o sistema sobre o qual será trabalhado como uma condição para o bom desenvolvimento das demais etapas do processo:

“esta fase é comum entre todas as estratégias de modernização. Se esta identificação for feita com a granularidade ideal, levará a um bom sistema orientado ao serviço, daí nossa decisão de nos concentrarmos nesta etapa” (Ali, 2012, p. 5).

No que diz respeito às práticas de modernização de sistemas legados adotadas pelos autores nesse primeiro momento, estas estão listadas na Tabela 4.

Destaca-se a importância de se realizar uma análise e revisão do código fonte, como uma medida fundamental para que a modernização seja implementada. Dito de outra forma, esses autores propõem a realização de uma análise prévia do código legado. Assim,

“o importante é que os desenvolvedores possam estudar o código de diferentes pontos de vista - de uma visão processual e uma visão de uso de dados, dependendo da tarefa de implementação específica” (SNEED; VERHOEF, 2019, p. 171).

Essa análise busca, principalmente, obter um entendimento do SL a ser modernizado, tanto com uma visão dos processos e requisitos do negócio, como

também com uma visão do sistema em alto nível (A1, A4, A9, A11, A14) que é obtida principalmente utilizando técnicas de Engenharia Reversa (ER), como destacado nos estudos A1, A2, A9, A11 e A14.

Tabela 4 - Descrição das práticas utilizadas no primeiro momento

| Identificação | Momento 1 - Iniciação |
|---------------|---|
| A1 | Inicia-se com a engenharia reversa da base de dados, se existir, onde utiliza uma camada de ORM (<i>Object Relational Mapper</i>) para obter um modelo OO(<i>Orientado a Objetos</i>) do sistema descrito em UML (<i>Unified Modeling Language</i>). |
| A2 | Analisar o SL por meio de engenharia reversa e dividi-lo em uma lista de funcionalidades. |
| A4 | Uso de DFD (<i>Data Flow Diagram</i>) para descobrir e descrever os processos e fluxos de dados do legado e alvo. Uso de ERD (<i>Entity Relationship Diagram</i>) para delinear o esquema de dados e os elementos de dados do sistema legado e do alvo. Uso de SF para combinar os processos e as descrições de dados. |
| A5 | Leitura e revisão do código fonte e dos documentos de projeto e escrita resumida de Casos de Uso. |
| A6 | Analisar o SL, identificando e mapeando seus componentes e classificando-os com seu contexto e interesses, a fim de apoiar o entendimento do SL. |
| A7 | Realizar a Desconstrução do sistema, na qual busca-se explorar o sistema e identificar requisitos, funcionalidades e histórias de usuário. |
| A8 | Inicia-se definindo uma versão estável do SL que será modernizado e um planejamento da evolução, onde é avaliado o sistema e o valor do negócio, bem como os custos e esforços necessários para a evolução. Esse planejamento determina as próximas fases e a escolha da estratégia de evolução, as quais são introduzidas pelo autor junto com suas aplicabilidades. |
| A9 | Engenharia Reversa do SL, buscando obter um modelo UML (<i>Unified Modeling Language</i>), chamado de PSM (<i>Platform-Specific Model</i>) na terminologia MDA (<i>Model-Driven Architecture</i>). |
| A10 | Entender as necessidades da evolução e fazer um planejamento. Sua primeira atividade é o "Estudo de Viabilidade", para avaliar custos e benefícios. A segunda atividade é a "Análise das Plataformas", que busca entender o sistema legado e alvo. |
| A11 | Inicia-se medindo a complexidade e tamanho do sistema legado, por meio de uma averiguação no código, bem como a engenharia reversa do SL, para gerar uma visualização e descrição de seu estado atual. |
| A12 | Inicia-se anotando o código, por meio de análise estática e <i>pattern matching</i> , buscando nomear e categorizar os diferentes elementos do SL, alinhado com a arquitetura alvo. Baseado nas anotações é obtido uma representação em Grafo do código legado. |
| A13 | Inicia com a coleta de conhecimento do SL, por meio de uma análise do seu |

| | |
|-----|---|
| | domínio (entrevistas, experiências, problemas) e do seu código fonte (análise estática/dinâmica, fluxos de controle e dados). Obtém-se um entendimento das estruturas de dados, do projeto, e de elementos de arquitetura do SL, e com base nisso define-se a arquitetura alvo. |
| A14 | Inicia obtendo um modelo do sistema (UML, por exemplo) caso este não esteja disponível, o que pode ser feito por meio de engenharia reversa e de forma automatizada. |

Após obtido o entendimento e o domínio necessários sobre o sistema e o negócio em questão, inicia-se a modernização propriamente dita, onde o SL passa a ser transformado com o objetivo de que após o processo de modernização as necessidades que o motivaram a ser modernizado sejam atendidas. Nesse momento de **Desenvolvimento**, pode-se destacar a aplicação de técnicas e práticas (Tabela 5) condizentes com aquilo que se estudou na fase anterior e que a partir disso foram identificados como uma estratégia que tem maiores chances de obtenção de êxito ao final de todo o processo. Um exemplo de prática executada são as transformações de modelos (A4, A9, A10, A12). Outra prática bastante comentada é a utilização de testes automatizados para realizar testes de regressão, i.e. verificar se algum comportamento não foi indevidamente alterado, após a aplicação de algum passo do processo de modernização (A3, A6, A7, A8, A11).

Outro ponto a ser evidenciado neste segundo momento é que:

“a utilização de padrões na reengenharia torna mais fácil a reimplantação do sistema” (MASIERO 1999, p 168).

Tal fato pode ser observado nos estudos A1, A5, A6, A13, A14 quando o processo executado pelos autores foi apoiado por padrões de projeto, ou seja, soluções em comum para problemas conhecidos (ISTELA CAGNIN et al., 2001).

Tabela 5 - Descrição das práticas utilizadas no segundo momento

| Identificação | Momento 2 - Desenvolvimento |
|---------------|--|
| A1 | O modelo obtido é refinado e a aplicação reconstruída seguindo os princípios do MDD (<i>Model Driven Development</i>) e Padrões de Projeto |
| A2 | Iniciar o processo Espiral, onde o SL contém todas funcionalidades inicialmente e essas são migradas incrementalmente para o Sistema Alvo. Usa-se um proxy |

| | |
|-----|--|
| | para comunicação dos dois sistemas, que funcionam simultaneamente até todas funcionalidades serem migradas. |
| A3 | A abordagem foi dividida em 3 estágios: 1. <i>Quick-wins</i> (refatorações de baixo custo, remover código morto e duplicado, padronizar estilo de código); 2. <i>Divide & Conquer</i> (<i>extract/move methods</i> , melhorar interface dos componentes, resolver violações); e 3. <i>Build Quality In</i> (criar testes automatizados e manuais para os componentes) |
| A4 | Comparando os conjuntos obtidos para o sistema legado e alvo, obtém-se a discrepância entre eles. Baseando-se na discrepância dos dados e processos são feitas conversões item a item. |
| A5 | Uso de Padrões de Projeto no trabalho de reprojetar. No estudo de caso usou-se dois padrões orientados a objetos, as classes <i>Wrapper</i> e classes <i>Strategy</i> . |
| A6 | Reprojetar a base de dados e restaurar componentes legados, migrando os dados para a nova base. Realizar testes de equivalência e coleta de dados dinâmicos de acoplamento. Reengenharia de Procedimentos/Funcionalidades e avaliações de Acoplamento Dinâmico usando métricas e os dados de acoplamento. |
| A7 | Na fase de Reconstrução são criados testes de unidade, integração e sistema visando garantir que as funcionalidades não tenham sido alteradas, e é feita a execução desse conjunto de casos de testes produzidos durante todo processo de modernização. |
| A8 | Concluído o planejamento inicia-se a evolução do sistema de acordo com a estratégia definida. Entregas podem ser feitas incrementalmente para diminuir o impacto nos usuários finais, além disso testes de aceitação e treinamentos aos usuários podem compor essa etapa. |
| A9 | Transformação <i>PSM-to-PIM</i> (<i>Platform-Specific model to Platform-Independent model</i>), para obter um modelo independente de plataforma. Migração do código: onde foram necessárias mudanças pela diferença de sintática, e de boas práticas de cada linguagem. |
| A10 | Modelagem do SL, isto é, ter uma representação visual da sua estrutura para análise das especificações e visualização em um modelo. Identificar restrições no modelo e reforçá-las na estrutura a fim de preservá-las. Após modelado o SL, agora são feitas transformações visando a evolução do SL. Essa etapa pode ser automatizada mas requer supervisão. |
| A11 | Renomear variáveis e procedimentos com base na documentação criada trazendo mais semântica ao código. Recuperar as regras de negócio e selar o código que será modernizado, deixando-o isolado de dependências, permitindo a redefinição da solução técnica. Durante a redefinição, testes unitários são criados para realizar testes de regressão e com isso é iniciada a reimplementação do código por partes. |
| A12 | Usando o grafo da etapa anterior, são aplicadas regras de transformação buscando produzir a arquitetura alvo utilizando das categorias oriundas da fase de anotação. Após as transformações, o sistema alvo pode ser obtido, e pode ser guiado por um registro das transformações aplicadas na fase anterior. |
| A13 | Definida a arquitetura inicia-se a evolução para o sistema alvo. Identifica-se padrões de reengenharia, que são apresentados no estudo, e mapeia-se os |

| | |
|-----|--|
| | elementos de arquitetura obtidos nesses padrões. Com os padrões mapeados, esses podem ser substituídos na arquitetura alvo, refinando os relacionamentos e estendendo a arquitetura alvo. |
| A14 | Neste momento, realiza-se o reconhecimento de padrões de software, a partir do modelo e apresenta-se uma abordagem para efetuar o reconhecimento. Por fim, é feita a reimplementação do sistema baseando-se nos padrões reconhecidos, o que pode ser feito utilizando ferramentas em alguns casos. |

Após atravessados o momento de Iniciação e Desenvolvimento, chega-se ao momento de **Avaliação**, no qual foi destacada a importância do processo de Modernização dos SL ocorrerem de forma contínua. Ou seja, a modernização não necessariamente é finalizada com a execução desses três momentos elencados, mas à medida que as necessidades forem emergindo a partir das transformações e modificações implementadas.

Nesse terceiro momento, métricas foram comumente utilizadas e recorridas pelos autores (A3, A9, A10) para que fosse possível mensurar e avaliar o processo executado, ou seja, verificar sua validade e melhora nos parâmetros medidos, bem como reconhecer se há a necessidade de realizar aprimoramentos. A prática da aplicação de testes automatizados continua sendo válida neste momento (A11), com o objetivo de validar as evoluções feitas durante a modernização e garantir que o funcionamento continue como esperado, ou seja, as funcionalidades do sistema de origem foram mantidas no “sistema novo”.

Tabela 6 - Descrição das práticas utilizadas no terceiro momento

| Identificação | Momento 3 - Avaliação |
|---------------|---|
| A3 | Usa métricas para validar e monitorar o processo, como <i>KLOC</i> (Kilo Lines of Code), <i>LOC</i> (Lines of Code), <i>Absolute</i> |
| A6 | Esvaziar o banco de dados residual (legado) e reconstruir as documentações com o objetivo de mantê-las atualizadas e capazes de descrever o sistema |
| A8 | Faz-se a implantação do sistema onde tem-se seu uso avaliado e qualquer novo requisito pode ser capturado para ser usado em evoluções futuras. |
| A9 | Análises baseadas em métricas são utilizadas para analisar o valor agregado do processo de modernização. |
| A10 | Refinamento e a validação do sistema transformado, utilizando métricas de precisão e <i>recall</i> , e execução de <i>benchmarks</i> |

| | |
|-----|---|
| A11 | Testes de regressão e integração são executados a cada componente reimplementado para verificar a equivalência com o componente legado. |
|-----|---|

Resumidamente a grande maioria dos estudos não apresenta de forma detalhada como tais etapas se sucederam, ou seja, são colocadas apenas como um passo a passo, sem que a caracterização de cada etapa seja feita de forma mais aprofundada. Deste modo, por mais que cada estudo esteja tratando do seu processo de modernização aplicado em diferentes sistemas, há uma concordância entre os autores de que esses três momentos são elementares para que a modernização aconteça. Dito de outra forma, cada sistema possui suas similaridades, mas, em alguma medida, as fases descritas podem ser generalizadas e servirem como ponto de partida para que outros profissionais consigam visualizar de que modo tais práticas podem ser executadas no sistema legado em que estiverem trabalhando para sua modernização.

Os resultados encontrados nesta pesquisa demonstram a existência de lacunas, dentre elas, a baixa disponibilidade na literatura de estudos que se aprofundem no passo a passo utilizado, que se debruce sobre as técnicas e práticas desenvolvidas e que demonstrem, de forma completa, todo o processo, sem que sejam oferecidos apenas resultados parciais, que por sua vez não garantem que ao final do processo os resultados e as hipóteses traçadas se concretizem.

4.2 Ameaças à validade

Como ameaças à validade deste estudo, pode ser citado o processo de seleção dos estudos que compõem a amostra. Para que tal lacuna fosse superada, buscou-se a construção de palavras chaves que pudessem abranger estudos que trouxessem a multiplicidade de práticas que perpassam tal campo, a fim de minimizar os vieses, que por sua vez, poderiam trazer para a amostra apenas estudos com enfoque em um tipo restrito de metodologia.

Junto disso, destaque-se que o conhecimento prévio dos autores acerca da temática pode ter influenciado no processo de seleção dos estudos. Assim, podem

ter sido descartados estudos que trouxessem informações que seriam consideradas relevantes por outros pesquisadores. Para mitigar essa ameaça foi realizada a validação entre pares de todos os estudos selecionados para compor a amostra, que só se saturou a partir do momento que a resposta à pergunta de pesquisa foi respondida e os estudos não apresentavam informações que fossem diferentes daquelas já analisadas.

5 Considerações finais

Neste estudo, foi apresentada uma classificação das práticas encontradas que abordaram o processo de Modernização de SL. Todavia, o que se produziu como resultado evidencia uma lacuna encontrada durante as análises, a saber, a baixa disponibilidade de estudos que apresentem relatos e estudos de casos completos, ou seja, que tragam sobre a demanda pela modernização, as metodologias utilizadas e os resultados obtidos pelos estudos. Majoritariamente, os estudos encontrados trouxeram resultados parciais, que possuem relevância, mas que não demonstram se a metodologia aplicada obteve os resultados esperados, nem são passíveis de replicação.

Assim, o caráter tecnicista dos estudos, ou seja, o foco nas técnicas e não nos procedimentos de aplicação dessas técnicas, faz com que as metodologias aplicadas sejam pouco dissipadas e ampliadas, com os aprimoramentos necessários, a outros contextos. Deste modo, a partir do processo de Mapeamento Sistemático de Literatura realizado, foi possível estabelecer algumas similaridades citadas pelos autores no que tange o processo de modernização. O que pode servir de suporte para que a elaboração de novas metodologias de trabalho as visualizem como fases necessárias e indispensáveis ao processo de modernizar o sistema legado. Ademais, aponta para a demanda de fomento de mais estudos que abordem a modernização de sistemas legados e descrevam as práticas de forma detalhada e aprofundada. Isso, por sua vez, pode contribuir para que haja diálogo entre os profissionais e a possibilidade de superar as lacunas e falhas que ainda são reproduzidas e podem vir a comprometer o sistema de negócios das empresas, o qual, é o foco da atuação.

REFERÊNCIAS

ABDEL-HAMID, A. N. **Refactoring as a Lifeline: Lessons Learned from Refactoring**. 2013 Agile Conference, p. 129-136, 2013. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6612888>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

AGILAR, E. V. **Uma Abordagem Orientada a Serviços para Modernização de Sistemas Legados**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, 2016, p. 1-129. Disponível em: <[2016_EvertondeVargasAgilar.pdf \(unb.br\)](#)> Acesso em: 22 de Março de 2022.

AGILAR, E. V.; ALMEIDA, R. V.; CANEDO, E. D. **A Systematic Mapping Study on Legacy System Modernization**. Disponível em: <[Legacy System Modernization: A Systematic Mapping Study \(ksiresearch.org\)](#)> Acesso em: 15 de Março de 2022.

ALKHALIL, A. **Evolução do software existente para plataformas de computação móvel: suporte ao framework e estudo de caso**. Revista Internacional de Ciências Avançadas e Aplicadas, v. 8, e. 3, 2021, p. 100-111. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105813789&doi=10.21833%2fijaas.2021.03.013&origin=inward&txGid=f9dbd0d07c0a18d8738087d5dc5f0d1e&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1> Acesso em: 18 de Abril de 2022.

ALI, S.; ABDELHAK-DJAMEL, S. **Evolution approaches towards a Service oriented architecture**. 2012 International Conference on Multimedia Computing and Systems, p. 687-692, 2012. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6320243>> . Acesso em: 15 de Abril de 2022.

ASSUNÇÃO, W. K. G.; COLANZI, T. E.; CARVALHO, L.; PEREIRA, J. A.; GARCIA, A.; LIMA, M. J. **A Multi-Criteria Strategy for Redesigning Legacy Features as Microservices: An Industrial Case Study**. IEEE Software, May 2021, p. 377-387,

Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9425875>>. Acesso em: 15 de Março de 2022.

CHA, J.-E.; KIM, C.-H.; YANG, Y.-J. **Architecture Based Software Reengineering Approach for Transforming from Legacy System to Component Based System through Applying Design Patterns**. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 3026, p. 266 - 278, 2004. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-35048859975&doi=10.1007%2f978-3-540-24675-6_21&origin=inward&txGid=c30cd477fdd149c335836bf8cb4334b2>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

DEMERVAL, D.; COELHO, A. P. M.; BITTENCOURT, I. I. **Mapeamento Sistemático e Revisão de Literatura em Informática da Educação**. Revista Brasileira de Informática da Educação, v. 28, 2020 Disponível em: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-2/>> Acesso em: 3 de Março de 2022.

FRITZSCH, J.; BOGNER, J.; ZIMMERMANN, A.; WAGNER, S. **From Monolith to Microservices: A Classification of Refactoring Approaches**. First International Workshop, DEVOPS 2018, 2018. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1807.10059>> . Acesso em: 04 de Maio de 2022.

ISTELA CAGNIN, M. et al. **Comparison of maintainability improvement by segmentation and reengineering-a case study**. Proceedings Fifth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, p. 158-167, 2001. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/914980>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

KHODABANDEHLOO, H.; ROY, B.;MONDAL M.;RY, C.; SCHNEIDER,K. - **A Testing Approach While Re-engineering Legacy Systems: An Industrial Case Study**. IEEE SOFTWARE, May 2021, p. 600-604 Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9425930>> Acesso em: 15 de Janeiro de 2022.

LI, J.; YANG, X; XU, B.; DING, Y. **Improved Iterative Object-Oriented Reengineering Process based on Dynamic Coupling Measures**, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2006, pp. 2209-2214. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4274195>>. Acesso em: 15 de Março de 2022.

MACHADO, R. S.; ZAFALON, Z. R. **Resource Description and Access (RDA): mapeamento sistemático de literatura**. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação, São Paulo, v. 16, p. 1-19, 2020. Disponível em: <<https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/1313/1199>> Acesso em: 18 de Abril de 2022.

MANCL, D. **Refactoring for Software Migration**. IEEE Software, October 2001, p. 88-93. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/956119>> Acesso em: 15 de Janeiro de 2022.

MASIERO, P. C.; BRAGA, R. T. V. **Legacy systems reengineering using software patterns**. Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCC, v. 1999-November, p. 160 - 169, 1999. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84897414492&doi=10.1109%2fSCCC.1999.810173&partnerID=40&md5=480148d607e0e76ab85b6dbecd3d2c40>> . Acesso em: 15 de Abril de 2022.

MATOS, C; HECKEL, R. **Migrating legacy systems to Service-Oriented Architectures**. Electronic Communications of the EASST, v. 16, 2008. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85015826330&doi=10.14279%2ftuj.eceasst.16.238.237&origin=inward&txGid=05236fc5d13b1e3c645d642a9c152742>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

PAPOTTI, P. E.; DO PRADO, A. F.; DE SOUZA, W. L. **Reducing time and effort in legacy systems reengineering to MDD using metaprogramming**. Proceedings of the 2012 ACM Research in Applied Computation Symposium, p. 348-355, Outubro,

2012. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2401603.2401681>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

PINTO, H. L. M. **Sistemas Legados e as novas tecnologias: técnicas de integração e estudo de caso**. Informática Pública, v. 7, n. 1, p. 47-69, 2005. Disponível em: <http://pbh.gov.br/informaticapublica/ANO7_N1_PDF/IP7N1_mendespinto.pdf> Acesso em: 3 de Março de 2022.

SADOVYKH, A.; VIGIER, L.; HOFFMANN, A.; GROSMANN, J. RITTER, T.; GOMEZ, E.; ESTEKHIN. **Architecture Driven Modernization in Practice – Study Results**. 2009 14th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, 2009, pp. 50-57. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5090511>> Acesso em: 16 de Março de 2022.

SENG, J. L.; TSAI, W. **A structured transformation approach for legacy information systems-a cash receipts/reimbursements example**. Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers, 1999. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/772847>>. Acesso em: 3 de Março de 2022.

SNEED, H.; VERHOEF, C. **Re-implementing a legacy system**. Journal of Systems and Software, v. 155, p. 162–184, Setembro de 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85066271675&doi=10.1016%2fj.jss.2019.05.012&origin=inward&txGid=4462df2aab9d60bd9fdaf75608a8edb1>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

VEMURI, P. **IEEE TENCON - 2008 Modernizing a legacy system to SOA - Feature analysis approach**. TENCON 2008 - 2008 IEEE Region 10 Conference, nov. 2008. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-63049109562&doi=10.1109%2fTENCON.2008.4766670&origin=inward&txGid=d59409bc9dec4142c8f058c20072813b>>. Acesso em : 15 de Abril de 2022.

WARREN, I. RANSOM, J. **Renaissance: a method to support software system evolution**. Proceedings 26th Annual International Computer Software and Applications, 2002, pp. 415-420, Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/1045037>>. Acesso em: 17 de Fevereiro de 2022.

WOLFART, D; ASSUNÇÃO, W. K. G.; SILVA, I. F.; DOMINGOS, D. C. P.; SCHMEING,E.; VILLACA, G. L. D.; PAZA, D. N. **Modernizing Legacy Systems with Microservices: A Roadmap**. June 2021, p. 149-159. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3463274.3463334>>. Acesso em 15 de Janeiro de 2022.

WU, L.; FENG, Y.; YAN, H. **Software reengineering with architecture decomposition**. Proceedings of the 2007 ACM symposium on Applied computing, p. 1489–1493, Março, 2007. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1244002.1244320>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.

YANG, X.; CHEN, L.; WANG, X.; CRISTOFORO, J. **A Dual-Spiral Reengineering Model for Legacy System**, 2005. P. 1-5. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4084975/>>. Acesso em: 15 de Março de 2022.

YANG, H.; LIU, X.; ZEDAN, H. **Abstraction: A key notion for reverse engineering in a system reengineering approach**. Journal of Software Maintenance and Evolution, v. 12, p. 197 - 228, Julho/Agosto de 2000. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0034216884&doi=10.1002%2f1096-908x%28200007%2f08%2912%3a4%3c197%3a%3aaid-smr211%3e3.0.co%3b2-x&origin=inward&txGid=26089e4fd0798a26e84c15a1e6de0b37>>. Acesso em: 15 de Abril de 2022.