

PROPOSTA DE PRIORIZAÇÃO DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DE SOFTWARE COM A UTILIZAÇÃO DE AHP

PROPOSAL FOR PRIORITIZING TECHNICAL DEBT IN SOFTWARE DEVELOPMENT AND MAINTENANCE PROJECTS USING AHP

DEBORAH DE ASSIS PEREIRA DOS SANTOS

UNIDADE DE POS GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA - CENTRO PAULA SOUZA

NAPOLEÃO VERARDI GALEGALE

CENTRO PAULA SOUZA

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

Agradecimento à órgão de fomento:

Estou muito lisonjeada em poder participar da submissão do artigo resultante da minha pesquisa ao Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade (SINGEP). Com certeza esse é mais um marco importante na minha vida acadêmica.

PROPOSTA DE PRIORIZAÇÃO DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DE SOFTWARE COM A UTILIZAÇÃO DE AHP

Objetivo do estudo

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma matriz de priorização itens de DT de software utilizando o método AHP (Analytic Hierarchy Process).

Relevância/originalidade

As organizações/ empresas enfrentam dificuldades em priorizar dívida técnica de software e há escassez de ferramentas para este propósito.

Metodologia/abordagem

A metodologia utilizada foi a Design Science Research (DSR) que visa à construção de um artefato como solução prática da matriz para abordar a dificuldade que as organizações enfrentam para priorizar itens de DT.

Principais resultados

A matriz foi validada em uma empresa multinacional do ramo de monitoramento e rastreamento veicular. O resultado da aplicação da matriz, demonstra que foi possível obter a lista de itens de DT com ordem de priorização, baseada nos julgamentos consistentes dados pelo

Contribuições teóricas/metodológicas

Esta pesquisa tem como contribuição desenvolver um artefato para priorização de itens de dívida técnica de software por meio do método AHP (Analytic Hierarchy Process).

Contribuições sociais/para a gestão

Esta pesquisa tem um propósito maior que é fornecer às organizações a capacidade de tomar decisões assertivas quanto a priorização de itens de DT em projetos de desenvolvimento de software.

Palavras-chave: Dívida Técnica, Métodos Multicritério, AHP, Tomada de Decisão, Priorização

PROPOSAL FOR PRIORITIZING TECHNICAL DEBT IN SOFTWARE DEVELOPMENT AND MAINTENANCE PROJECTS USING AHP

Study purpose

The present work aims to develop a prioritization matrix for software DT items using the AHP (Analytic Hierarchy Process) method.

Relevance / originality

Organizations/companies face difficulties in prioritizing software technical debt and there is a shortage of tools for this purpose.

Methodology / approach

The methodology used was Design Science Research (DSR), which aims to construct an artifact as a practical matrix solution to address the difficulty that organizations face in prioritizing DT items.

Main results

The matrix was validated in a multinational company in the vehicle monitoring and tracking sector. The result of applying the matrix demonstrates that it was possible to obtain the list of DT items with prioritization order, based on the consistent judgments given.

Theoretical / methodological contributions

This research contributes to developing an artifact for prioritizing software technical debt items using the AHP (Analytic Hierarchy Process) method.

Social / management contributions

This research has a greater purpose, which is to provide organizations with the ability to make assertive decisions regarding the prioritization of DT items in software development projects.

Keywords: Technical Debt, Multicriteria Methods, AHP, Decision Making, Prioritization

PROPOSTA DE PRIORIZAÇÃO DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DE SOFTWARE COM A UTILIZAÇÃO DE AHP

1 Introdução

O conceito de dívida técnica (DT) foi contextualizado por Ward Cunningham (1992) como uma analogia com a dívida financeira. A DT pode ser ocasionada por escolhas de caminhos mais curtos de desenvolvimento do sistema, ainda que considerando as iniciativas de utilização de metodologias ágeis (Camargo et al. 2024), incluindo aplicações avançadas como de machine learning (Martins et al., 2022, 2023), visando obter benefícios de curto prazo, como aumento de produtividade ou redução de custos. Porém, essas escolhas podem comprometer a qualidade dos sistemas. A baixa qualidade, ocasiona manutenções complexas e onerosas dos sistemas. Importante ressaltar que a DT não é só técnica. De acordo com o estudo de Rios et al. (2018) a literatura traz quinze tipos de dívida técnica: design, arquitetura, teste, código, documentação, defeito, infraestrutura, requisitos, pessoas, build, processo, teste de automação, usabilidade, serviço e versionamento, abrangendo segurança da informação e respectiva política (Galeale et al., 2017). A DT não necessariamente é sempre algo prejudicial ao negócio da empresa. Dependendo da forma como a DT é administrada, pode ser vista como estratégia de negócios, desde que a DT incorrida tenha sido gerada de forma consciente e não seja esquecida ao longo do tempo. A falta de gestão da DT compromete a qualidade do sistema tornando sua manutenção complexa (De Lima et al., 2022).

Saber quais itens de DT priorizar para pagamento nos projetos é um desafio para as empresas. As organizações consideram um desafio priorizar o pagamento dos itens de DT (Da Silva et al., 2022). Priorizar os itens de DT é essencial para otimizar a alocação dos recursos, decidindo quais aspectos da DT merecem ser atendidos imediatamente e quais podem ser adiados (Alfayez et al., 2020).

Os gerentes de projetos têm dificuldades em escolher qual item de DT deve ser priorizado quanto aos demais. Sendo assim, o gerenciamento de DT se torna uma atividade imprescindível na gestão de riscos do projeto (Codabux & Williams, 2016). Há falta de métodos automatizados, que abranjam diversos tipos de dívida técnica. Outro elemento significativo relacionado com as estratégias de priorização da DT diz respeito à sua frequência, na qual a priorização pode ocorrer como uma atividade pontual, mas também pode ser conduzida de maneira iterativa e integrada a um processo contínuo (Lenarduzzi et al., 2021).

Um sistema pode possuir múltiplas DT. Um Método de Decisão Multicritério (MCDA - *Multi-Criteria Decision Analysis*), é utilizado em situações que envolvem a avaliação de pelo menos dois critérios ou alternativas. A análise de decisão multicritério pode ser utilizada para resolver problemas nos quais o decisor precisa analisar um conjunto de opções em relação a diferentes critérios. Há diversos métodos de tomada de decisão multicritério, dentre eles o AHP (*Analytic Hierarchy Process*). O AHP é um modelo de tomada de decisão criado por Saaty na década de 1970. Essa abordagem implica na criação de uma hierarquia de critérios, a alocação de pesos e a definição de escalas para esses critérios, seguido por uma série de comparações par a par entre as alternativas em relação aos diversos critérios. O método AHP é simples para estruturar um problema, comparar alternativas com relação a critérios definidos e determinar uma classificação geral para cada alternativa. Fornece método estruturado para combinar os julgamentos de cada membro do grupo.

Saaty (1988) enfatizou que a tomada de decisão requer um processo estruturado. Este pode ser alcançado por meio da criação de uma hierarquia de critérios, contudo é essencial incorporar julgamentos e medições de maneira integrada. Segundo ele, um método que atende a esses requisitos é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). De acordo com Seaman et al. (2012), ao aplicar o AHP na gestão de itens de DT, as alternativas de decisão seriam critérios identificados de instâncias de dívida técnica existentes no sistema. Como resultado do processo, haveria uma classificação de prioridade desses itens de DT, sugerindo quais poderiam ser pagos primeiro. Segundo Seaman et al. (2012), em qualquer abordagem de tomada de decisão sobre itens de DT alguma intervenção humana ainda é necessária para fornecer as informações.

Esse estudo buscou responder a seguinte questão de pesquisa: Como priorizar itens de dívida técnica de software utilizando um método multicritério de tomada de decisão? O objetivo geral deste artigo é desenvolver um artefato para priorização de itens de DT de software por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Foram determinados os seguintes objetivos específicos: identificar o problema, definir os resultados esperados, desenvolver o artefato de priorização de itens de DT de software baseado no método AHP, demonstrar a aplicação do artefato em uma empresa, avaliar o resultado da aplicação do artefato e divulgar resultados da aplicação do artefato. Esse estudo, busca contribuir no processo de gestão de itens de DT na tomada de decisão quanto a priorização da DT.

2 Referencial Teórico

Por mais de três década, desde que o conceito de DT foi apresentado por Ward Cunningham (1992), diversos autores estão pesquisando sobre o tema de DT.

2.1 Dívida Técnica de Software

No ano de 2008, McConnell descreveu que a DT pode ser classificada como intencional e não intencional. A DT Intencional é gerada de forma consciente. A DT Não Intencional é quando a DT é concebida de forma acidental e inconsciente. Fowler (2009) aprimorou o conceito inicial de McConnell (2008) com mais duas classificações: a DT Prudente e DT Imprudente. Sendo assim, foi formado o quadrante da DT: Consciente, Inconsciente, Prudente e Imprudente, conforme ilustrado na Figura 1.

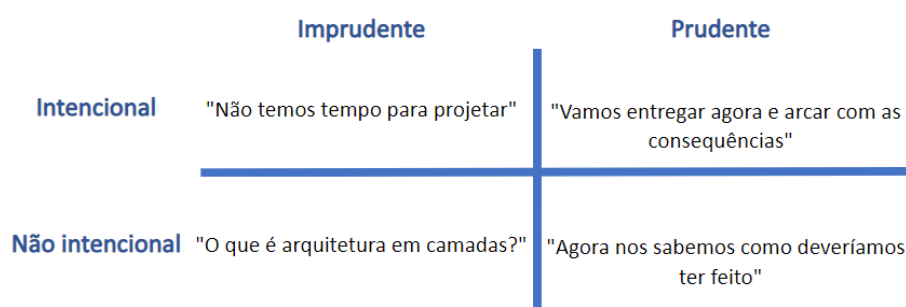


Figura 1 – Quadrante da DT

Fonte: Adaptado de Fowler (2009)

2.2 Tipos de Dívida Técnica

No ano de 2018, Rios et al. conduziram um estudo terciário em que avaliaram treze estudos secundários datados de 2012 a março de 2018. Eles identificaram quinze tipos de DT: design (violações dos princípios do bom design orientado a objetos) e arquitetura (políticas e padrões arquitetônicos não uniformes), teste (falta de testes/ testes insuficientes), documentação (falta documentação/ documentação desatualizada), código (código muito complexo/ mal escrito), defeito (correção de bugs no software postergadas), infraestrutura (componentes desatualizados do ambiente de desenvolvimento do software), requisitos (implementados parcialmente/ de forma insatisfatória), pessoas (demora na contratação), build (o processo de construção pode envolver código que não contribui com valor para o cliente/ build manual), processos (processos manuais que poderiam ser automatizados), teste de automação (falta de testes automatizados), usabilidade (decisões de usabilidade inadequada), serviço (seleção e substituição inadequada de serviços web que levam à incompatibilidade entre os recursos do serviço e os requisitos das aplicações) e versionamento (problemas no controle de versão do código-fonte).

2.3 Priorização de Itens de Dívida Técnica

A ausência de gestão de DT compromete a qualidade interna do software, tornando sua manutenção complexa (De Lima et al., 2022). De acordo Lenarduzzi et al. (2021), não há uma abordagem unificada sobre como o processo de priorização de itens de DT deve ser realizado, nem há consenso sobre quais aspectos considerar ao realizar o processo de priorização dos itens. Em virtude de recursos limitados para lidar com DT, priorizar as decisões de pagamento sobre itens de DT é fundamental (Codabux & Williams, 2016). O estudo sobre DT e especificamente sua priorização é um tópico de pesquisa relativamente novo (Alfayez et al., 2020).

Segundo Alfayez & Boehm (2019), a literatura tem apontado escassez de técnicas de priorização de itens de DT. A priorização de itens de DT é considerada uma das atividades mais importantes na gestão de DT. O processo de priorização é usado para definir a ordenação e/ ou agendamento de iniciativas de refatoração do software (Lenarduzzi et al., 2019).

Seaman et al. (2012), abordaram sobre o uso do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para gestão de itens de DT. Conforme o estudo desses autores aponta, foi demonstrado que o método AHP proporciona um método simples para estruturar um problema.

2.4 Critérios de Decisão na Gestão de Itens de Dívida Técnica

No ano de 2016, Ribeiro et al. realizaram um estudo sistemático sobre os critérios utilizados para decidir sobre o pagamento de DT de software. Foram identificados quatorze critérios de tomada de decisão: Gravidade da DT, Existência de Solução Alternativa, Tempo de existência do item de DT no sistema, Localização da DT, Visibilidade, Análise quando a parte refatorada será usada, Impacto da DT no Cliente, Impacto da DT no Projeto, Escopo dos Testes, Custo-Benefício, Esforço para implementação da correção, Natureza do Projeto, Vida útil do sistema e Necessidade de evolução do sistema ou funcionalidades.

Ainda no ano de 2016, Ribeiro & Spínola realizaram um *survey* para avaliar e caracterizar a pertinência e relevâncias dos critérios de decisão para gerenciamento de itens de DT identificados no estudo sistemático realizado anteriormente por Ribeiro et al. (2016). Esta avaliação foi realizada com trinta e três participantes da academia e indústria.

Os autores indicam que apenas nove critérios foram considerados pertinentes e relevantes para apoiar na tomada de decisão sobre o pagamento de itens de DT. Os quatro critérios mais pertinentes listados são: Impacto da DT no Cliente, Visibilidade, Gravidade da DT e Impacto da DT no Projeto (Categoria Esforço). Um critério é pertinente quando ele é importante para apoiar a tomada de decisão sobre o pagamento de um item de DT. Já a

relevância de um critério indica o quão importante ele é no momento da decisão sobre o pagamento de um item de dívida (Ribeiro & Spinola, 2016).

2.5 Métodos Multicritério para Tomada de Decisão

Os métodos multicritério são técnicas que apoiam a tomada de decisão, ajudando a solucionar problemas que possuem vários objetivos, muitas vezes conflitantes entre si, com múltiplas ações possíveis, incertezas, várias etapas e diversos indivíduos afetados pela decisão. De acordo com Vargas (1990), o método AHP é uma ferramenta que encontrou utilização em uma ampla gama de áreas problemáticas, desde decisões simples até às complexas.

Basílio et al. (2022) realizaram uma revisão sistemática da literatura do período de 1977 até 2022, sobre os métodos multicritério para apoio na tomada de decisão e identificaram que AHP é o método de tomada de decisão multicritério mais popular entre as dez nações com mais publicações nesta área.

2.6 Método AHP

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um modelo de tomada de decisão multicritério que foi concebido por Saaty (1970). De acordo com Saaty (1988), problemas complexos de escolha envolvem tomar uma decisão lógica. A mente humana não é capaz de considerar todos os fatores e seus efeitos simultaneamente.

As aplicações de decisão do AHP são efetuadas em duas fases: desenho hierárquico e avaliação. O design de hierarquias requer experiência e conhecimento da área problemática. Um grupo de tomadores de decisão podem trabalhar em conjunto para alcançar consenso sobre o desenho da hierarquia e sobre os julgamentos e sua avaliação (Vargas, 1990). O AHP é um método de tomada de decisão multicritério fácil de usar e flexível.

Dentre as vantagens de usar o AHP para tomada de decisão, está a oportunidade de considerar as diferentes importâncias dos critérios e, conseqüentemente, atribuir pesos diferentes para que alguns critérios dominem a decisão (Emrouznejad & Marra, 2017). A abordagem AHP envolve construir uma hierarquia de critérios, atribuindo pesos e escalas aos critérios e, finalmente realizar uma série de comparações aos pares entre as alternativas face aos vários critérios (Lenarduzzi et al., 2021).

3 Metodologia

O método utilizado nessa pesquisa é o *Design Science Research* (DSR). Este método de pesquisa é recomendado quando o objetivo da pesquisa é projetar e desenvolver artefatos e soluções prescritivas, em um ambiente real ou não (Dresch et al., 2015). O método de pesquisa DSR proposto por Peffers et al. (2007) possui seis etapas: Identificação do Problema, Definição dos Resultados Esperados, Projeto e Desenvolvimento, Demonstração, Avaliação e, por fim Comunicação. Essas etapas estão apresentadas na Figura 2.



Figura 2 - Etapas do método Design Science Research

Fonte: Adaptado de Peffers et al. (2007)

Nessa pesquisa, na identificação do problema, foi possível observar o desafio que as organizações enfrentam em priorizar DT de software e a falta de ferramentas para essa finalidade. Há obstáculos na priorização de dívida técnica, como a falta de métodos automatizados, que compreendam diversos tipos de dívida técnica em um software (Pina et al., 2021).

Para analisar a quantidade de publicações na literatura científica relacionadas à priorização de DT de software, foi realizada uma pesquisa nas bases Scopus e Web of Science, conforme critérios na Tabela 1. A expressão de busca utilizada foi: Technical Debt” AND (“Prioritization” OR “Prioritizing” OR “Prioritize” OR “Prioritisation” OR “Priorities” OR “Priority”). Os campos de busca foram: Título, Resumo e Palavras-chave, sem delimitar período de busca, conforme apresentado no Quadro 1.

Atributos	Crítérios
Expressão de busca	<i>“Technical Debt” AND (“Prioritization” OR “Prioritizing” OR “Prioritize” OR “Prioritisation” OR “Priorities” OR “Priority”)</i>
Campos de busca	Título, Resumo e Palavras-chave
Período	Todos os anos
Tipo de publicação	Artigo

Quadro 1 - Critérios de busca sobre a Priorização de DT

Fonte: Resultado da Pesquisa (2023)

Como resultado da busca, foram encontrados o total de artigos listados abaixo:

- Scopus: 24
- Web of Science: 20

Foi realizada a triagem dos quarenta e quatro artigos, resultantes das duas bases científicas, na ferramenta Microsoft Excel (versão 2016) para remover as duplicidades. O resultado foi um total de vinte e quatro artigos. Estes foram lidos integralmente para embasamento do referencial teórico desta pesquisa.

4 Análise dos Resultados e Discussões

A análise dos resultados e discussões dessa pesquisa serão apresentados conforme as etapas do método Design Science Research. Segundo Peffers et al. (2007).

O problema que as empresas enfrentam é a dificuldade em priorizar itens de DT. Sistemas que possuem DT podem ter sua qualidade comprometida. A motivação desta pesquisa é apresentar uma solução para a dificuldade que as organizações enfrentam em priorizar itens de DT, na gestão de DT.

Para utilizar o método AHP, é necessário identificar as alternativas e os critérios que serão usados para avaliação a fim de compor a matriz de comparação.

A Figura 3 representa o modelo conceitual deste estudo refletindo a relação entre as variáveis no contexto desta pesquisa envolvendo os critérios de decisão de pagamento de itens de DT, o tomador de decisão, o julgamento dos itens de DT e os itens de DT avaliados, resultando na prioridade final.

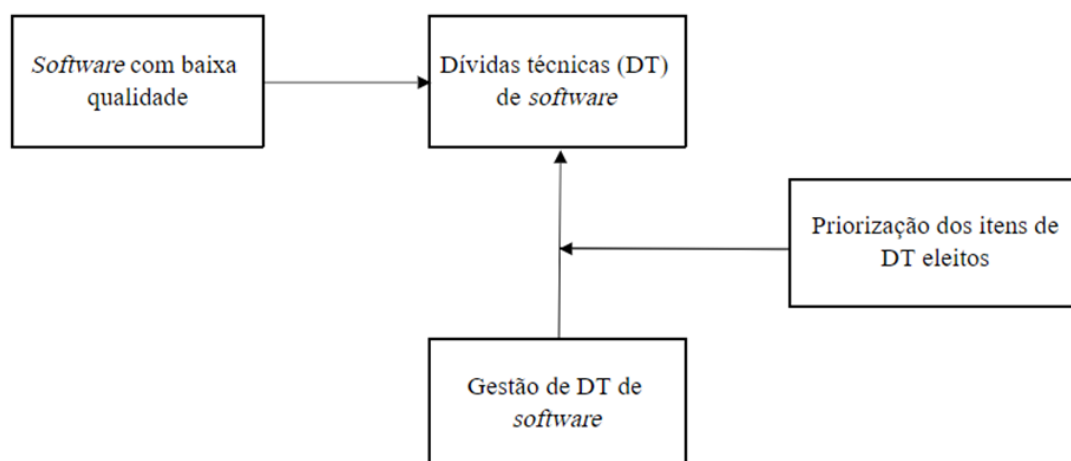


Figura 3 – Diagrama conceitual - Constructo

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

A Figura 4 representa a derivação do constructo para o modelo conceitual refletindo a relação entre as variáveis no contexto desta pesquisa dos critérios de decisão de pagamento de itens de DT, o tomador de decisão, o julgamento dos itens de DT e os itens de DT avaliados, resultando na prioridade final.

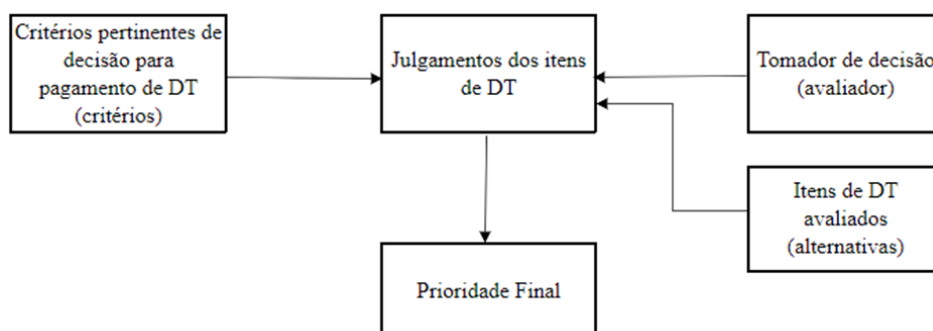


Figura 4 – Diagrama conceitual – Modelo de Priorização dos itens de DT

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

A Figura 5 traz o elemento método para a instanciiação da Matriz de Priorização a ser utilizada no contexto de priorização da DT, listando dez passos para sua aplicação na organização.

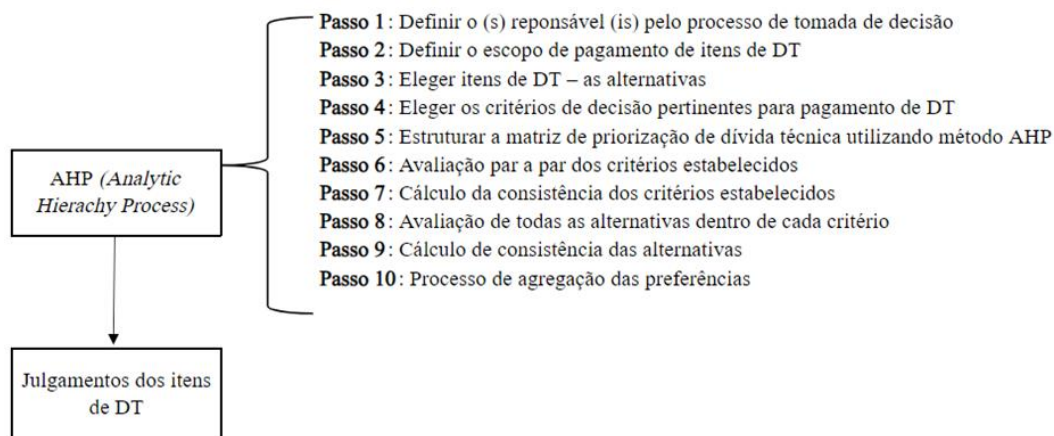


Figura 5 – Diagrama conceitual - Método

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Desta forma, a instanciiação é o artefato final, obtido pela derivação dos artefatos: constructos, modelos e métodos em um determinado ambiente real (Dresch; Lacerda; Junior, 2015).

O artefato Matriz de Priorização de DT foi desenvolvido e aplicado em uma empresa multinacional no ramo de monitoramento veicular presente em sete países, cuja aplicação será utilizada como suporte para a demonstração da elaboração (construção) da Matriz, seu uso e respectivos resultados obtidos. A seguir são apresentados os resultados da aplicação dos dez passos apresentados.

Passo 1: Definir o (s) responsável (is) pelo processo de tomada de decisão

Foi selecionado um *squad* de desenvolvimento da empresa. O tomador de decisão escolhido foi o líder de desenvolvimento deste *squad*.

Passo 2: Definir do escopo de pagamento de itens de DT

O escopo de pagamento de itens de DT foram três sistemas que possuem itens de DT: Agendamento Imediato, Gestão de Contratos e Preditivo.

Passo 3: Eleger os itens de DT– as alternativas

O tomador de decisão elegeu os itens de DT presentes nos sistemas. Os itens de DT são as alternativas da matriz de priorização de DT. Nesta demonstração, as alternativas eleitas foram quatro, referentes aos três sistemas, conforme mostrado na Figura 6.

Item de DT	Sistema/ Projeto
Push Notification do agendamento imediato	Agendamento Imediato
Falta Teste Automatizado – Módulo Trocas	Gestão de Contratos
Template de e-mail manutenção não está eficaz	Preditivo
Falta gravar fato no histórico da ocorrência de agendamento	Preditivo

Figura 6 – Alternativas: Itens de DT selecionados

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Passo 4: Eleger os critérios de decisão pertinentes para pagamento de DT

O presente trabalho utilizou quatro critérios de decisão baseados no estudo de Ribeiro e Spínola (2016) quais sejam: Impacto da DT no Cliente, Visibilidade, Impacto da DT no Projeto e Gravidade da DT.

Passo 5: Estruturar a Matriz de Priorização de DT utilizando método AHP

A Matriz de Priorização de DT foi desenvolvida na ferramenta Microsoft Excel (versão 2016). A estrutura da planilha consiste na lógica do método AHP: avaliação par a par dos critérios estabelecidos, cálculo de consistência dos critérios estabelecidos, avaliação de todas as alternativas dentro de cada critério, cálculo de consistência das alternativas e processo de agregação das preferências. Na Figura 7, é exibida a visão geral da hierarquia da matriz.

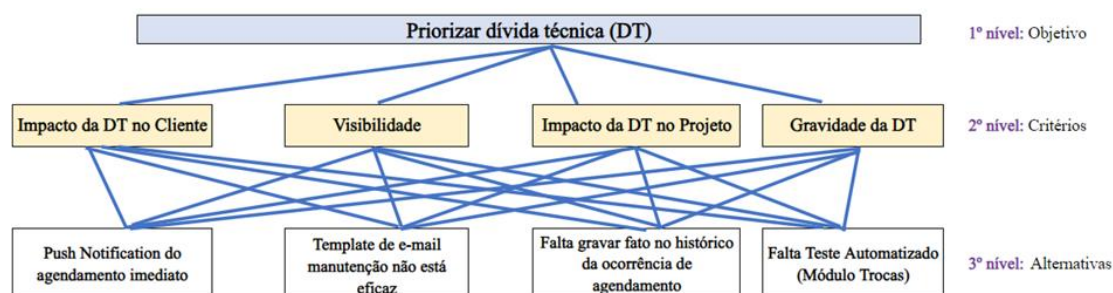


Figura 7- Visão geral da matriz AHP - objetivo, hierarquia dos critérios e alternativas

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Esse estudo foi limitado pela escolha de uma quantidade pequena de critérios e alternativas, o que facilitou a avaliação par a par no método AHP.

No caso de existir uma extensa quantidade de critérios ou alternativa, a avaliação par a par torna-se mais complexa. Nesse caso, a solução envolve a criação de níveis intermediários de hierarquias, agrupando-os dentro de contextos. Os contextos estariam em uma hierarquia e os critérios/alternativas em outra hierarquia, abaixo deles.

Passo 6: Avaliação par a par dos critérios estabelecidos com base no método AHP

Para avaliação, foi utilizada a escala fundamental de Saaty (1988) que atribui valores de 1 a 9, com o grau de importância e a recíproca, conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala Fundamental de Saaty

Escala de Saaty		
Relação de Importância	Grau de Importância	Recíproca
Igualdade	1	1
Intermediário	2	1/2
Importância Moderada	3	1/3
Intermediário	4	1/4
Mais Importante	5	1/5
Intermediário	6	1/6
Muito Mais Importante	7	1/7
Intermediário	8	1/8
Extremamente mais Importante	9	1/9

Fonte: Adaptado de Saaty (1988)

Com base nos valores da escala fundamental de Saaty, o tomador de decisão atribuiu as notas aos critérios, conforme exibido na Tabela 2.

Tabela 2 - Atribuição das notas nos critérios de acordo com a escala fundamental de Saaty

Atribuição das importâncias				
	Impacto da DT no Cliente	Visibilidade	Impacto da DT no Projeto	Gravidade da DT
Impacto da DT no Cliente	1	3	5	5
Visibilidade	1/3	1	3	1/7
Impacto da DT no Projeto	1/5	1/3	1	1/5
Gravidade da DT	1/5	7	5	1

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Como próximo passo, a Matriz foi normalizada com casas decimais aos valores. Em seguida, foi calculado o vetor prioridade de cada critério, somando os valores da linha e dividindo pela quantidade de critérios.

Passo 7: Cálculo da consistência dos critérios estabelecidos utilizando método AHP

Foi ponderado cada vetor de prioridade em relação a respectiva coluna, somando os valores da linha, obtendo a “soma dos pesos”. O valor de cada “soma dos pesos” da linha foi dividido pelo vetor prioridade do respectivo critério. Feito isso, foi calculado o lambda máximo. Este é usado para calcular o índice de consistência (CI). Para calcular o lambda máximo foi somado o resultado de cada critério, obtendo a soma total. Este resultado deve ser dividido pela quantidade de critérios.

O índice de consistência (CI) da Matriz foi obtido por meio da fórmula:

$$CI = (\lambda_{\text{máximo}} - n) / (n-1)$$

onde n é a quantidade de critérios.

A seguir, são apresentados os resultados obtidos:

$$CI = (4.78 - 4) / (4-1)$$

$$CI = 0.26$$

Após a obtenção do valor do CI, foi calculado a Razão da Consistência (CR), por meio da fórmula:

$$CR = CI / RI$$

onde RI (Índice Aleatório) = 0,9

RI é obtido por meio da tabela de índices de consistência aleatória de Saaty (1988), ilustrado na Tabela 3. O valor de RI nesta tabela é a ordem da matriz, ou seja, a quantidade de critérios selecionados, neste caso 4.

Tabela 3 - Índices de consistência aleatória

ORDEM DA MATRIZ	MATRIZ ALEATÓRIA RI (Índice de consistência)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: Adaptado de Saaty (1988)

$$CR = 0,26/0,9$$

$$CR = 0,28$$

$$CR = 28\%$$

A razão da consistência (CR) foi 28%, portanto, acima do recomendado que é até 10%, indicando que a avaliação foi inconsistente.

Passo 8: Avaliação de todas as alternativas dentro de cada critério com base no método AHP

O princípio dos cálculos da avaliação das alternativas dentro do critério é exatamente o mesmo que foi apresentado no passo 6 apresentado.

Passo 9: Cálculo de consistência das alternativas com base no método AHP

O princípio para calcular a consistência das alternativas segue a mesma abordagem utilizada na avaliação da consistência dos critérios, conforme explicado anteriormente no passo 7 apresentado, conforme segue:

- Alternativas no critério “Impacto da DT no Cliente”: Razão de consistência: 6%
- Alternativas no critério “Visibilidade”: Razão de consistência: 8%
- Alternativas no critério “Impacto da DT no Projeto”: Razão de consistência: 9%
- Alternativas no critério “Gravidade da DT”: Razão de consistência: 4%

Passo 10: Processo de agregação das preferências com base no método AHP

Concluídos os nove passos anteriores, foi realizada a agregação das preferências. Nesse passo ocorre a combinação das comparações entre alternativas e das prioridades dos critérios. O cálculo foi realizado com os vetores prioridade da avaliação das alternativas dentro de cada critério, em colunas com a linha contendo os valores dos vetores prioridade da avaliação dos critérios, conforme exemplificado essa estrutura na Tabela 4.

Tabela 4 – Estrutura da matriz de decisão do processo de agregação das preferências

PROCESSO DE AGREGAÇÃO				
Matriz de Decisão				
	Impacto da DT no Cliente	Visibilidade	Impacto da DT no Projeto	Gravidade da DT
Push Notification do agendamento imediato	0.64	0.60	0.57	0.56
Template de e-mail manutenção não está eficaz	0.21	0.24	0.23	0.26
Falta gravar fato no histórico da ocorrência de agendamento	0.10	0.11	0.12	0.12
Falta Teste Automatizado (Módulo Trocas)	0.05	0.05	0.08	0.06
Vetor prioridade de cada critério	0.39	0.38	0.14	0.08
	Impacto da DT no Cliente	Visibilidade	Impacto da DT no Projeto	Gravidade da DT

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Por fim, o resultado da prioridade final é obtido pela multiplicado o valor do vetor prioridade da linha com os valores da respectiva coluna do vetor, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Prioridade final

Matriz de Decisão					Σ	Prioridade Final	%	
	Impacto da DT no Cliente	Visibilidade	Impacto da DT no Projeto	Gravidade da DT				
Push Notification do agendamento imediato	0.253	0.231	0.081	0.046	Σ	0.61	61%	1º
Template de e-mail manutenção não está eficaz	0.082	0.091	0.033	0.022	Σ	0.23	23%	2º
Falta gravar fato no histórico da ocorrência de agendamento	0.040	0.042	0.018	0.010	Σ	0.11	11%	3º
Falta Teste Automatizado (Módulo Trocas)	0.019	0.017	0.011	0.005	Σ	0.05	5%	4º
							100%	

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Para avaliar a qualidade do artefato Matriz de Prioridade, foi realizada uma entrevista com o tomador de decisão da empresa que participou da presente pesquisa. A avaliação do uso do artefato foi baseada nos critérios de esforço, compreensão (entendimento do uso), melhoria abrangência da decisão, bem como sugestões de aperfeiçoamento, por meio de cinco questões: uma do tipo fechada, duas com escala Likert (escala de opinião de três pontos) e duas abertas de texto livre. O Quadro 2 exibe os resultados alcançados.

Perguntas	Respostas
A utilização da matriz de priorização de itens de DT ajudaria na melhoria do processo de desenvolvimento dos projetos da empresa?	Sim
Como você avalia o entendimento da matriz de priorização de DT?	Fácil entendimento
Qual sua percepção do esforço de preenchimento das informações na matriz?	Médio Esforço
Em qual momento do ciclo de desenvolvimento do software você considera que a matriz deve ser utilizada?	No Planejamento Estratégico para preencher o Roadmap
Há pontos de melhoria que poderiam ser implementados na matriz?	Automatizar a planilha

Quadro 2 - Perguntas e respostas da entrevista de avaliação do artefato

Fonte: Resultado da Pesquisa (2024)

Os resultados da avaliação indicam que o conceito da Matriz de Priorização de DT utilizando o método AHP se mostra promissor e aderente a um contexto organizacional. Um ponto de destaque é a sugestão de melhoria em automatizar a matriz.

5 Conclusões/Considerações finais

A motivação dessa pesquisa foi atender à necessidade que as organizações possuem em priorizar itens de DT de software. A ausência de gestão de DT acarreta baixa qualidade dos sistemas. A pesquisa demonstrou a construção e aplicação do artefato Matriz de Priorização de DT de software com a utilização de AHP (*Analytic Hierarchy Process*) em uma empresa. O AHP é um dos métodos multicritério mais utilizados criado por Saaty na década de 1970. Na aplicação do artefato, foram selecionados quatro critérios de decisão para pagamento de itens de DT e as alternativas escolhidas foram três sistemas da organização que possuíam DT.

Com o resultado da aplicação do artefato, foi possível atingir o propósito de ter a lista dos itens de DT com ordem de priorização baseada no julgamento do gestor tomador de decisão. O artefato foi avaliado pelo tomador de decisão, por meio de uma entrevista. A validação do artefato demonstrou que a aplicação da matriz pode contribuir na melhoria do processo de desenvolvimento dos projetos. Na visão do avaliador, o momento mais apropriado para utilizar a matriz é no Planejamento Estratégico para preenchimento do *Roadmap*. O esforço de preenchimento foi avaliado como médio esforço. Esse ponto está alinhado com a sugestão de melhoria proposta de automatizar a planilha para melhoria da usabilidade.

O método AHP auxilia na formalização do processo decisório, embasando a decisão tomada em fatos julgados e não em avaliações subjetivas. Para estudos futuros, recomenda-se conduzir avaliações com os demais critérios de decisão que foram identificados na literatura e apresentados nesse estudo ou até mesmo identificar mais critérios de decisão para pagamento de itens de DT, além dos quatro critérios que foram delimitados nessa pesquisa. Por

consequente, é indicado que a matriz seja automatizada para que o tomador de decisão tenha uma melhor experiência de usabilidade.

É aconselhado que a aplicação da matriz faça parte de um processo iterativo na organização, possibilitando continuamente a avaliação de critérios de decisão e itens de DT, permitindo que a priorização dos itens de DT seja eficaz e fundamentada em julgamentos consistentes. Esse trabalho visa contribuir para a melhoria da qualidade da tomada de decisão quanto ao pagamento de itens de DT na gestão de projetos das organizações.

6 Referências

Alfayez, R., Alwehaibi, W., Winn, R., Venson, E., & Boehm, B. (2020, June). A systematic literature review of technical debt prioritization. In *Proceedings of the 3rd international conference on technical debt* (pp. 1-10).

Alfayez, R., & Boehm, B. (2019, July). Technical debt prioritization: A search-based approach. In *2019 IEEE 19th International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)* (pp. 434-445). IEEE.

Basílio, M. P., Pereira, V., Costa, H. G., Santos, M., & Ghosh, A. (2022). A systematic review of the applications of multi-criteria decision aid methods (1977–2022). *Electronics*, 11(11), 1720.

Briozzo, R. A., & Musetti, M. A. (2015). Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento–UPA 24 h. *Gestão & Produção*, 22(4), 805-819.

Codabux, Z., & Williams, B. J. (2016, May). Technical debt prioritization using predictive analytics. In *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion* (pp. 704-706).

Cunningham, W. (1992). The WyCash portfolio management system. *ACM Sigplan Oops Messenger*, 4(2), 29-30.

Da Silva, F. T., De Souza, E. O. S., De Almeida, R. R., & Santos, W. B. (2022, June). Business-driven technical debt prioritization: A replication study. In *2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.

de Lima, B. S., Garcia, R. E., & Eler, D. M. (2022). Toward prioritization of self-admitted technical debt: an approach to support decision to payment. *Software Quality Journal*, 30(3), 729-755.

Dresch, A., Lacerda, D. P., & Junior, J. A. V. A. (2020). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Bookman Editora.

Emrouznejad, A., & Marra, M. (2017). The state of the art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis. *International journal of production research*, 55(22), 6653-6675.

Ensslin, L., Neto, G. M., & Noronha, S. M. (2001). *Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Insular.

Fowler, Martin. Technical Quadrant. 2009. Disponível em: <<http://martinfowler.com/bliki/TechnicalDebtQuadrant.html>>. Acesso em: 10 Out 2023.

Galegale, N. V., Fontes, E.L.G. & Galegale, B. P. (2017). Uma contribuição para a segurança da informação: um estudo de casos múltiplos com organizações brasileiras. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.22, n.3, (pp.75-97).

Lenarduzzi, V., Besker, T., Taibi, D., Martini, A., & Fontana, F. A. (2021). A systematic literature review on technical debt prioritization: Strategies, processes, factors, and tools. *Journal of Systems and Software*, 171, 110827.

Lenarduzzi, V., Besker, T., Taibi, D., Martini, A., & Fontana, F. A. (2019). Technical debt prioritization: State of the art. A systematic literature review. *arXiv preprint arXiv:1904.12538*.

Martins, E. & Galegale, N. V. (2022). Retail sales forecasting information systems: comparison between traditional methods and machine learning algorithms. In *Proceedings of the 2022 International Conference Information Systems (IADIS)*, 30-38.

Martins, E., & Galegale, N. V. (2023). Machine learning: : a bibliometric analysis. *International Journal of Innovation*, 11(3), e24056. <https://doi.org/10.5585/2023.24056>

Mcconnel, Steve. Managing Technical Debt. 2008. Disponível em: <<http://www.construx.com/uploadedfiles/resources/whitepapers/Managing%20Technical%20Debt.pdf>>. Acesso em: 20 Set 2023.

Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3), 45-77.

Pina, D., Goldman, A., & Tonin, G. (2021, September). Technical debt prioritization: Taxonomy, methods results, and practical characteristics. In *2021 47th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)* (pp. 206-213). IEEE.

Ribeiro, L. F., de Freitas Farias, M. A., Mendonça, M. G., & Spínola, R. O. (2016). Decision Criteria for the Payment of Technical Debt in Software Projects: A Systematic Mapping Study. *ICEIS (1)*, 572-579.

Ribeiro, L. F., & Spínola, R. O. (2016, October). Um Survey sobre a Pertinência e Relevância de Critérios de Decisão para Apoiar o Gerenciamento de Itens de Dívida Técnica. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software* (pp. 256-270). SBC.

Rios, N., de Mendonça Neto, M. G., & Spínola, R. O. (2018). A tertiary study on technical debt: Types, management strategies, research trends, and base information for practitioners. *Information and Software Technology*, 102, 117-145.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176.

Saaty, T. L. (2013). The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach. *Operations research*, 61(5), 1101-1118.

Seaman, C., Guo, Y., Zazworka, N., Shull, F., Izurieta, C., Cai, Y., & Vetrò, A. (2012, June). Using technical debt data in decision making: Potential decision approaches. In *2012 Third International Workshop on Managing Technical Debt (MTD)* (pp. 45-48). IEEE.

Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*, 48(1), 2-8.