



MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

GABRIEL BAHIA SOARES

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE COMO PROFISSIONAIS QUE ADOTAM
METODOLOGIAS ÁGEIS PAGAM ITENS DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS
DE SOFTWARE**

Salvador
2022

GABRIEL BAHIA SOARES

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE COMO PROFISSIONAIS QUE ADOTAM
METODOLOGIAS ÁGEIS PAGAM ITENS DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS
DE SOFTWARE**

Dissertação apresentada ao Programa Pós Graduação da
Universidade Salvador – UNIFACS, Mestrado em Sistemas
e Computação como requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Oliveira Spínola

Salvador
2022

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador
UNIFACS.

Soares, Gabriel Bahia

Uma investigação sobre como profissionais que adotam metodologias ágeis pagam itens de dívida técnica em projetos de software / Gabriel Bahia Soares.- Salvador: UNIFACS, 2022.

53 f.: il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Sistemas e Computação da Universidade Salvador - UNIFACS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador Prof. Dr. Rodrigo Oliveira Spínola.

1. Ciência da computação. 2. Estudo de viabilidade. 3. Engenharia de software I. Spínola, Rodrigo Oliveira, orient. II. Título.

CDD:004

GABRIEL BAHIA SOARES

UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE COMO PROFISSIONAIS QUE ADOTAM
METODOLOGIAS ÁGEIS PAGAM ITENS DE DÍVIDA TÉCNICA EM PROJETOS DE
SOFTWARE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Sistemas e Computação da Universidade Salvador - UNIFACS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre e aprovada pela seguinte banca examinadora:

Rodrigo Oliveira Spínola – Orientador _____
Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Universidade Salvador - UNIFACS

Paulo Caetano da Silva _____
Doutor em Ciência da Computação, pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Universidade Salvador - UNIFACS

Thiago Souto Mendes _____
Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia - UFBA
Instituto Federal da Bahia – IFBA

Salvador, 19 de dezembro de 2022.

A todos que de alguma forma apoiaram a
realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao fim de mais de dois anos de mestrado, cursado em meio a uma das maiores pandemias da história, a realização do meu casamento e a uma mudança de país, tenho muito a agradecer a Deus por ter me permitido chegar até o final com sucesso, intervindo nos momentos que fugiam ao meu alcance e me sustentando naqueles de maior dificuldade.

Registro também o meu agradecimento a pessoas que tiveram participação fundamental para o sucesso deste trabalho. À minha esposa, Karla, pela compreensão e apoio incondicional. Nem mesmo a ideia de realizar um mestrado existiria sem a sua presença na minha vida. Aos meus pais e meu irmão, que mesmo a distância, compartilharam dos momentos de preocupação e contribuíram com palavras de encorajamento.

Ao professor e meu orientador Rodrigo, pela oportunidade dada quando iniciei o mestrado e conseqüentemente por todo o aprendizado adquirido. Agradeço muito por todo o apoio e compreensão durante todo esse tempo, sempre com completa transparência e respeito. Foi uma grande honra ter tido a sua orientação.

A Sávio Freire, por toda a parceria e aprendizado durante a produção científica. Sua dedicação espontânea em ajudar e excelência são inspiradoras. Muito obrigado por sempre se colocar a disposição e por ter contribuído tanto para este trabalho. A Josiane Melo, pelo apoio e disponibilidade.

Aos professores Paulo Caetano da Silva e Thiago Souto Mendes, pela disponibilidade em avaliar o trabalho e contribuir para a sua melhoria.

Por fim, a FAPESB pelo financiamento deste projeto, que colheu frutos importantes.

RESUMO

Estudos envolvendo o conceito de dívida técnica (DT), ainda que em claro crescimento desde a última década, ainda apresentam oportunidades de aprofundamento em aspectos como as práticas de pagamento de itens de dívida e razões para o não pagamento destes. De maneira semelhante, a adoção de metodologias ágeis em projetos de software tem apresentado crescimento relevante. Esta tendência, aliada à característica orientada a entregas das metodologias ágeis, evidencia um cenário propício ao aparecimento de itens de DT em projetos que adotam estas metodologias. Neste contexto, este trabalho visa identificar, do ponto de vista de profissionais da área, as práticas e motivos supracitados associados a projetos de software ágeis, identificando como equipes ágeis reagem à presença de DT e propondo um artefato de apoio ao gerenciamento dos itens de dívida. Para realizar este estudo, foram analisadas qualitativa e quantitativamente as respostas de profissionais envolvidos em projetos de software ágeis, coletadas através do projeto InsignTD, uma família de surveys globalmente distribuída que investiga as causas, efeitos e gerenciamento da dívida técnica em projetos de software. Os dados das replicações realizadas no Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Estados Unidos, e Sérvia foram considerados. De posse destes dados e sua posterior análise, foi possível concluir que a atividade de pagamento da DT em projetos de software ágeis ainda está longe de um cenário ideal de adoção e maturidade. Além disso, o conjunto de práticas e motivos para o não-pagamento de itens de dívida técnica (MNPs), e os quadros de visualização da DT propostos poderão servir de apoio ao profissionais da indústria de software, compartilhando suas experiências com o pagamento da DT em seus projetos.

Palavras-chaves: dívida técnica, pagamento da dívida técnica, gerenciamento da dívida técnica, desenvolvimento de software ágil.

ABSTRACT

Researches involving the concept of technical debt (TD), although in clear growth since the last decade, still present opportunities for deepening aspects such as payment practices for debt items and reasons for non-payment of these. Similarly, the adoption of agile methodologies in software projects has shown significant growth. This tendency, allied to the delivery-oriented characteristic of agile methodologies, evidences a propitious scenario for the appearance of DT items in projects that adopt these methodologies. In this context, this work aims to identify, from the point of view of professionals in the area, the aforementioned practices and reasons associated with agile software projects, identifying how agile teams react to the presence of DT and proposing an artefact of support for the management of debt items. To carry out this study, qualitative and quantitative guidance was provided on the responses of professionals involved in agile software projects, collected through the InsightTD project, a family of globally distributed surveys that investigate the causes, effects and management of technical debt in software projects. Data from replications carried out in Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, United States and Serbia were considered. With these data and their subsequent analysis, it was possible to conclude that DT's payment activity in agile software projects is still far from an ideal adoption and maturity scenario. In addition, the set of practices and MNPs, and the proposed DT visualization boards can support software industry professionals sharing their experiences with paying DT in their projects.

Keywords: technical debt, technical debt repayment, technical debt management, agile software development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estratégia de pesquisa	17
Figura 2 – Distribuição de estudos sobre DT ao longo dos anos	21
Figura 3 – Representação do planejamento e execução do <i>survey</i> replicado.....	28
Figura 4 – Práticas de pagamento da DT e suas categorias.....	37
Figura 5 – MNPs de itens de DT e suas categorias	39
Figura 6 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de MNPs em equipes de tamanhos diferentes	41
Figura 7 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de práticas em equipes de tamanhos diferentes	42
Figura 8 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de MNPs em sistemas de tamanhos diferentes	43
Figura 9 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de práticas em sistemas de tamanhos diferentes	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Subconjunto do questionário do InsignTD utilizado.....	31
Tabela 2 - Ocorrência de um item de DT e o seu pagamento	35
Tabela 3 - As 10 práticas relacionadas ao pagamento de itens de DT mais citadas.....	35
Tabela 4 - Os 10 MNPs de itens de DT mais citados	38
Tabela 5 - Comparação com trabalho relacionado em categorias de práticas de pagamento da DT.....	45
Tabela 6 - Comparação com trabalho relacionado em categorias de MNPs da DT	45

LISTA DE SIGLAS

DAS	Desenvolvimento de Software Ágil
DT	Dívida Técnica
GDT	Gerenciamento de Dívida Técnica
KLDC	Mil linhas de código
LDC	Linhas de código
MLDC	Milhão de linhas de código
MNPs	Motivos de não-pagamento da Dívida Técnica
QP	Questão de Pesquisa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO.....	15
1.3 OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA.....	16
1.4 METODOLOGIA.....	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	18
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 DÍVIDA TÉCNICA.....	20
2.2 CAUSAS DA DÍVIDA TÉCNICA	21
2.3 EFEITOS DA DÍVIDA TÉCNICA.....	22
2.4 GERENCIAMENTO DA DÍVIDA TÉCNICA	23
2.4.1 Pagamento da Dívida Técnica	24
2.4.2 Pagamento da DT em equipes que adotam desenvolvimento de software ágil.....	25
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
CAPÍTULO 3 – O PROJETO INSIGHTD	27
3.1 INTRODUÇÃO.....	27
3.2 O PROJETO INSIGHTD	27
3.2.1 Trabalhos anteriores do InsignTD	28
3.3 METODOLOGIA.....	29
3.3.1 Coleta de Dados	30
3.3.2 Análise de Dados	31
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	33
4.1 INTRODUÇÃO.....	33
4.2 RESULTADOS	33
4.2.1 Dados demográficos.....	33
4.2.2 QP1 - Com que frequência os profissionais que utilizam metodologias ágeis pagam itens de DT?.....	34
4.2.3 QP2 - Quais são as principais práticas utilizadas pelos profissionais agilistas para pagar itens de dívida?.....	35
4.2.4 QP3 - Quais são os principais MNPs considerados pelos profissionais agilistas para explicar o não-pagamento de itens de DT?.....	37
4.3 DISCUSSÃO	39
4.3.1 Revisitando as Questões de Pesquisa	40

4.3.2 Quadro de Pagamento da Dívida Técnica.....	40
4.4 COMPARAÇÃO COM TRABALHOS RELACIONADOS	44
4.5 AMEAÇAS À VALIDADE	45
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.2 CONTRIBUIÇÕES	47
5.3 TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS.....	50

Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo será apresentado o contexto do trabalho, o que motivou essa pesquisa e os objetivos. Também serão apresentados a metodologia de pesquisa utilizada, o histórico do trabalho realizado e como este texto está estruturado.

1.1 INTRODUÇÃO

A alta competitividade no mercado atual de desenvolvimento de software tem forçado as empresas a trabalharem com cronogramas e prazos cada vez mais apertados para disponibilizar novos produtos ou versões de software para os seus clientes em ciclos menores de entrega. Este contexto cria uma pressão constante nos times de desenvolvimento para fazer entregas dentro destes prazos mais apertados (YLI-HUUMO *et al.*, 2016).

Essas equipes de desenvolvimento tendem a encurtar, modificar ou até mesmo suprimir processos de desenvolvimento de software para cumprir estes prazos, o que pode sacrificar a qualidade dos artefatos de software produzidos. Este fenômeno pode ser explicado por um conceito chamado Dívida Técnica (DT), que contextualiza os efeitos de artefatos imaturos ou atividades pendentes em projetos de desenvolvimento de software. Esses efeitos podem trazer benefícios para estes projetos no curto prazo como uma melhor produtividade nas entregas (no caso de atividades pendentes ou atalhos), mas ao mesmo tempo algumas desvantagens, fazendo com que a evolução do software se torne mais complicada e mais custosa (SPÍNOLA *et. al*, 2019).

Apesar de antigo, o conceito de DT e suas implicações têm tido quantidade crescente de estudos na última década (ALVES *et al.*, 2016). Além disso, é um conceito amplamente utilizado em metodologias ágeis de desenvolvimento de software para gerenciar o impacto de desenvolver software em ciclos muito curtos de entregas (ROSSER *et. al.*, 2021), metodologias essas com adoção crescente na indústria de software atualmente (RUK *et. al.*, 2019).

1.2 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A presença em si da DT em projetos de software não necessariamente implica em uma situação de descontrole e problemas de evolução, uma vez que ela pode ser acumulada de maneira intencional ou não, sendo a primeira com um objetivo de entregas em menor tempo e a segunda normalmente associada a situações de entregas de baixa qualidade que demandarão otimização ou refatoração posterior (MCCONNELL, 2007). Portanto, é importante identificar e desenvolver processos para que as empresas convivam com a DT e saibam como, qual e quando um item de DT deve ser pago, mantendo-a sob controle (YLI-HUUMO *et al.*, 2016). O conjunto destes processos pode ser definido como gerenciamento de DT (GDT), que consiste em atividades que podem prever potenciais ocorrências de DT (intencionais e não-intencionais), assim como torná-la mais visível e controlável, mantendo um balanço saudável entre custo e valor de um projeto de software (LI *et. al.*, 2015).

Além disso, a metodologia de desenvolvimento de software escolhida por uma equipe pode influenciar nos efeitos sentidos pela presença da DT e na forma como essa equipe lida com ela (RIOS *et. al.*, 2021). Em equipes que adotam desenvolvimento de software ágil, por exemplo, há uma tendência maior de acúmulo de itens de DT em comparação a outras abordagens de desenvolvimento (KURAPATI *et. al.*, 2012). Isto posto, é esperado que profissionais de equipes de desenvolvimento de software ágil utilizem práticas diferentes para pagar itens de DT ou apresentem motivos específicos para não aplicarem determinadas práticas.

Alguns trabalhos têm investigado as práticas utilizadas para pagar itens de DT, assim como os motivos para não-pagamento (MNPs), com o objetivo de aprofundar o estudo desta atividade. Por exemplo, Behutiye *et. al.*, (2017) fez uma revisão sistemática e identificou um conjunto de práticas utilizadas por equipes de desenvolvimento de software ágil para eliminar itens de DT. Bomfim Jr. e Santos (2016) conduziram um estudo de caso para identificar MNPs que justificassem o não-pagamento de itens de DT em projetos de desenvolvimento de software ágil. Mesmo provendo informações para um entendimento inicial sobre como profissionais que adotam o desenvolvimento de software ágil pagam itens de DT, estes estudos apenas refletem o ponto de vista de uma pequena amostra de profissionais e organizações.

Este contexto explicita uma motivação para aprofundamento do tema, pois (i) ter conhecimento das práticas de pagamento utilizadas em equipes de desenvolvimento de software ágil pode apoiar outros profissionais em escolher apropriadamente práticas para eliminar itens de DT e (ii) da mesma forma, ter ciência dos MNPs pode revelar pontos de melhoria para que

estas equipes evoluam sua capacidade de executar uma das principais atividades do GDT que é o pagamento dos itens de DT e que será o foco da investigação deste trabalho.

1.3 OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA

O objetivo deste trabalho é (i) entender como os profissionais da indústria de software que adotam metodologias ágeis gerenciam a DT especificamente na atividade de pagamento, identificando de quais formas eles pagam os itens de dívida e quando não pagam, por quais motivos, (ii) assim como investigar de que forma as práticas de pagamento e os MNPs identificados estão associados a questões diretamente relacionadas a software, categorizando estes resultados. Por fim, estas categorias de práticas e MNPs serão organizadas em quadros para permitir a visualização da expertise das equipes em pagar itens de DT (práticas) ou dificuldades encontradas pelas equipes (MNPs) que resultam em não-pagamento da DT. Para nortear este objetivo, foram definidas as questões de pesquisa (QPs) a seguir:

a) **QP1:** Com que frequência os profissionais que utilizam metodologias ágeis pagam itens de DT? Ao responder esta questão, será possível determinar com que frequência itens de DT são eliminados pelos profissionais agilistas.

b) **QP2:** Quais são as principais práticas utilizadas pelos profissionais agilistas para pagar itens de dívida? O proposito desta questão é identificar as práticas utilizadas para eliminar a DT em projetos de software que aderem ao desenvolvimento de software ágil. Tendo ciência destas práticas, outras equipes de desenvolvimento de software poderão escolher as práticas mais adequadas ao contexto dos seus projetos.

c) **QP3:** Quais são os principais MNPs considerados pelos profissionais agilistas para explicar o não-pagamento de itens de DT? Através desta questão, serão colocados sob a luz os MNPs que dificultam ou até mesmo impedem a implementação de práticas de pagamento da DT. Essa resposta pode apoiar os profissionais a saberem o que pode ser feito para criar um cenário mais favorável para o pagamento da dívida.

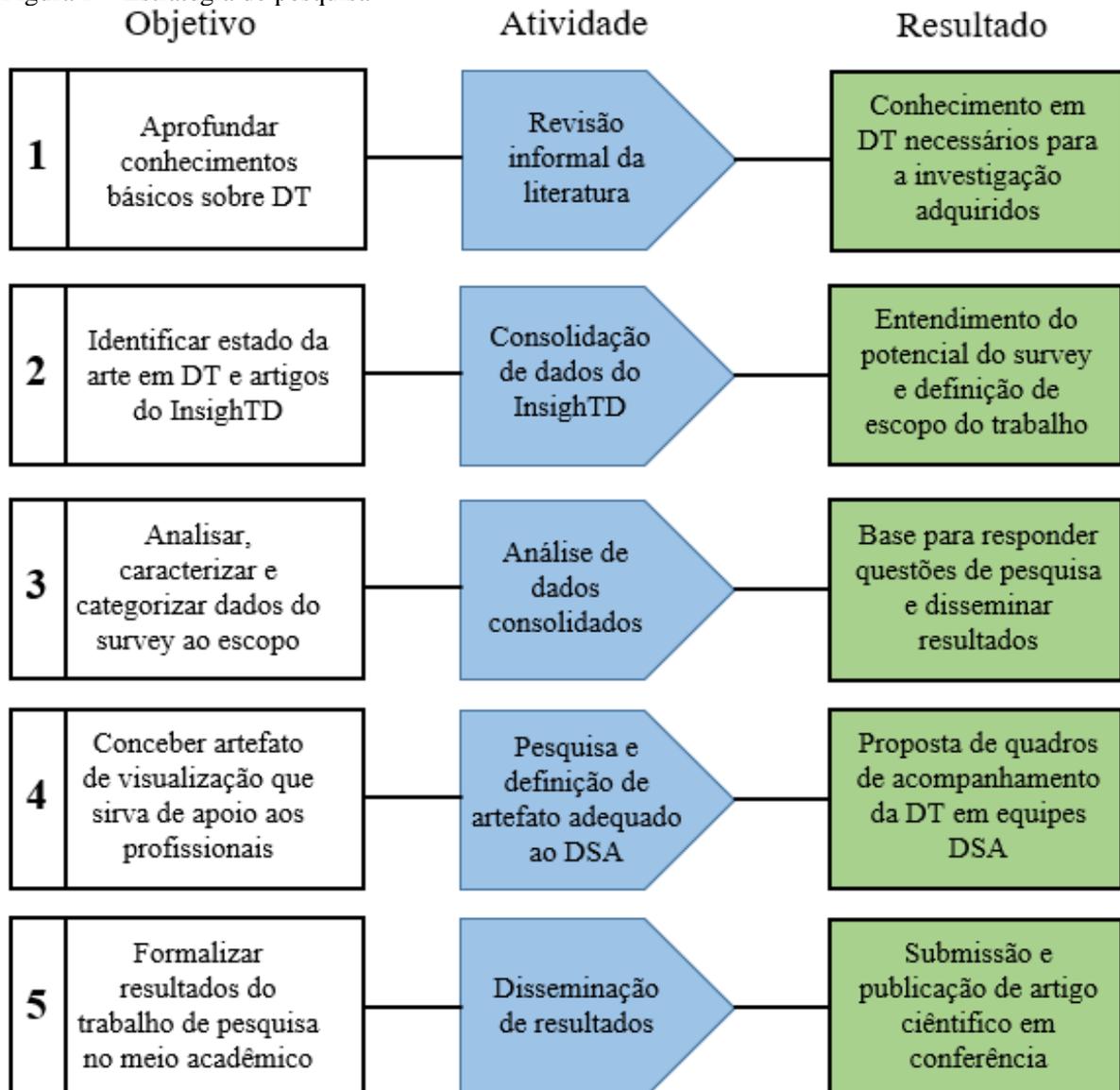
1.4 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido a partir da coleta de dados de execuções do projeto InsignTD (que será detalhada nas próximas seções). O InsignTD é uma família de *surveys* industriais distribuído globalmente e tem por objetivo investigar, através de um questionário

replicado em 12 países, o estado da prática e tendências da indústria de software no que diz respeito a DT, evidenciando as causas que influenciam diretamente na ocorrência de DT, os efeitos da sua existência, como estes efeitos se manifestam como problemas no processo de desenvolvimento de software, e como equipes de desenvolvimento de software lidam quando passam a ter ciência da presença de itens de dívida nos seus projetos (PROJETO INSIGHTD, 2022). Para este estudo, foi utilizado um subconjunto de questões do survey relacionadas ao pagamento de DT e de respondentes agilistas (profissionais de equipes aderentes a desenvolvimento de software ágil).

De forma a organizar melhor as ações do trabalho em prol do objetivo, a estratégia de pesquisa foi dividida em cinco atividades com objetivos específicos e resultados progressivos, ilustrados na Figura 1. Estas atividades são detalhadas a seguir:

Figura 1 – Estratégia de pesquisa



1 Revisão Informal da Literatura: nesta atividade, foi realizada uma revisão informal da literatura aprofundar os conhecimentos básicos necessários ao início deste trabalho de pesquisa;

2 Consolidação de dados do InsignTD: nesta etapa, as respostas do *survey* que foram obtidas das replicações executadas até o momento (de 2018 a 2020), foram filtradas pelas perguntas relacionadas a atividade de pagamento de DT e apenas de respondentes que utilizam desenvolvimento de software ágil em suas equipes;

3 Análise dos Dados: nesta atividade, análises foram realizadas com o objetivo de responder às questões de pesquisa consideradas nesta dissertação após caracterização e categorização dos dados consolidados;

4 Pesquisa e definição de artefato: de posse de resultados que, por si só, já gerariam uma contribuição deste trabalho, foi pesquisado e definido um artefato de apoio aos profissionais agilistas utilizando como base as categorias de práticas e MNPs identificadas no passo anterior. Este artefato tem o objetivo de facilitar o gerenciamento da DT através de uma ferramenta de visualização de dados comum em equipes de desenvolvimento de software ágil.

5 Disseminação dos Resultados: por fim, a quinta e última atividade consistiu em disseminar os resultados do trabalho no meio acadêmico. Um artigo foi escrito e publicado em uma conferência nacional.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este capítulo de Introdução descreveu o contexto e motivação para o desenvolvimento deste trabalho de dissertação, assim como o objetivo e a metodologia de pesquisa utilizada. A dissertação está organizada em capítulos que detalham em ordem cronológica o trabalho de investigação e escrita, conforme especificado abaixo:

Capítulo 2. Referencial Teórico: este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre DT, o seu gerenciamento e sua atividade de pagamento no contexto de equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil, aprofundando o entendimento de cada um desses temas e estabelecendo por fim uma relação entre eles, que é base importante da fundamentação desta dissertação.

Capítulo 3. InsignTD: neste capítulo, o projeto InsignTD introduzido na seção 1.4 é detalhado, apresentando um material que descreve a sua origem, evolução e importância para este trabalho. Por fim, são descritas as etapas específicas do InsignTD executadas para este trabalho.

Capítulo 4. Resultados: o capítulo de Resultados é o responsável por detalhar as contribuições deste trabalho, apresentando uma análise detalhada dos dados extraídos do *survey*, contextualizando-os em implicações para a indústria de software e academia, e destacando uma proposta de ferramenta aderente a realidade de equipes de desenvolvimento de software ágil.

Capítulo 5. Considerações Finais: apresenta as considerações finais do trabalho destacando as suas principais contribuições, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Referencial Teórico

Este capítulo aprofunda conceitos importantes sobre dívida técnica, seu gerenciamento e pagamento, e os contextualiza com o desenvolvimento de software ágil.

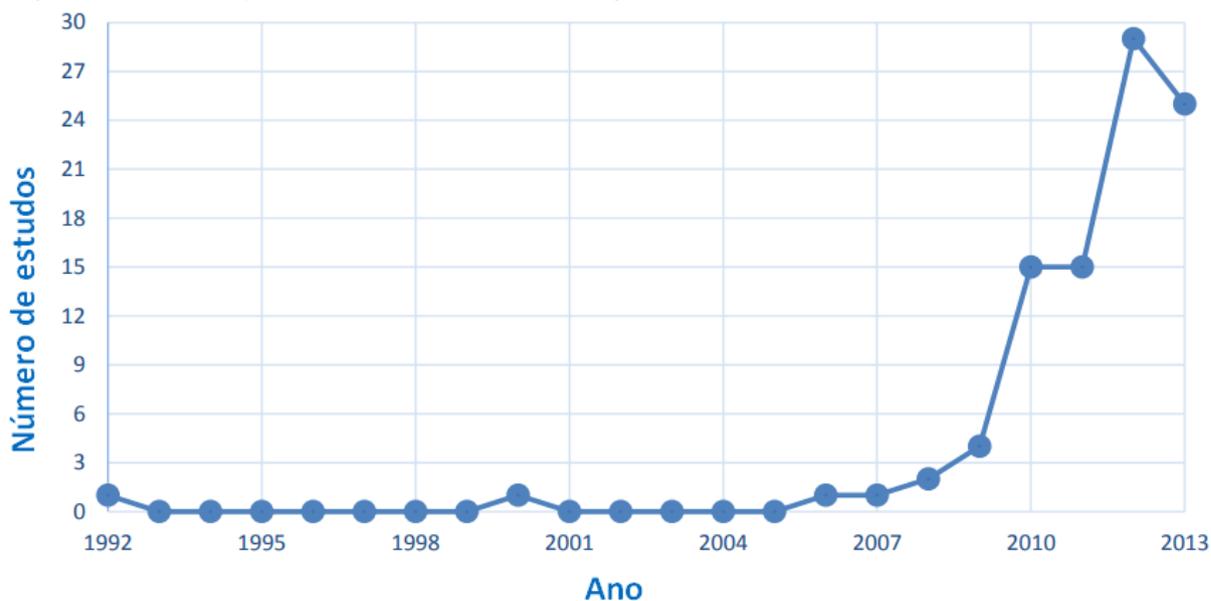
2.1 DÍVIDA TÉCNICA

A presença de DT em projetos de software representa um desafio constante nas equipes destes projetos, principalmente sob o aspecto financeiro, quando tínhamos em 2019 um custo global estimado de manutenção do *backlog* associado a DT de um \$1 trilhão de dólares (KRUCHTEN, 2019). Não à toa, o conceito de DT surgiu com uma metáfora financeira, quando Cunningham (1992) a definiu como uma analogia ao conceito financeiro de uma dívida, descrevendo-a como uma coleção de decisões de desenho e implementação de software que visam vantagens no curto prazo (empréstimo) mas que impõem ao longo da evolução do software um contexto técnico (causado por estas decisões) onde há a presença de um esforço extra para novas implementações (juros).

Aos poucos, conceitos modernos que abrangem mais possibilidades de origem da dívida dentro do ciclo de vida de software foram surgindo. Brown et. al., (2010) acrescentou que a metáfora, inicialmente vinculada a etapa de implementação de código, passou a ser estendida gradualmente a arquitetura de software, desenho, documentação, requisitos e testes. Allman (2012), por sua vez, deu destaque ao fato de que a DT pode se apresentar em projetos de software de maneira intencional e não-intencional, sendo que na primeira ela normalmente faz parte de uma estratégia para poupar tempo ou dinheiro, evidenciando que nem sempre o débito (seja financeiro ou técnico) é uma má decisão. Quando não-intencional, está normalmente associada a decisões ruins de projeto ou implementação de software, ocasionadas por falta de experiência e conhecimento.

Apesar de cunhado a cerca de 30 anos, o termo dívida técnica e o estudo deste fenômeno apenas teve seu ponto de inflexão e passou a ser aprofundado a partir da década de 2010, apresentando um aumento de aproximadamente 500% (LI et. al., 2015) na produção acadêmica, representado na Figura 2. Segundo o autor, uma das razões prováveis para isso foi a introdução do workshop *Managing Technical Debt* em 2010, fazendo com que o interesse pelo tema de DT e seu gerenciamento crescesse.

Figura 2 – Distribuição de estudos sobre DT ao longo dos anos



Fonte: adaptada de Li et. al (2015).

A partir deste crescimento nas investigações sobre DT, diversos autores passaram a aprofundar suas análises no que diz respeito as causas e efeitos deste fenômeno, tais como fizeram Rios et. al., (2018b e 2020), além de introduzir os primeiros estudos sobre o gerenciamento da DT (GDT), a exemplo de Brown *et al.*, (2010) e Guo e Seaman (2011). Nas próximas seções estes temas serão abordados, dando ênfase principalmente ao GDT e sua atividade de pagamento de itens de DT, que são base fundamental deste trabalho de dissertação.

2.2 CAUSAS DA DÍVIDA TÉCNICA

Em estudo recente, Rios et. al., (2018b) consolidou os dados da primeira execução no Brasil do *survey* InsignTD (detalhado no Capítulo 3), que se trata de um família de questionários industriais globalmente distribuído. Ele foi projetado para executar de forma contínua e independente replicações de um questionário em países diferentes com o objetivo de identificar o estado da prática e tendências da área de DT, as causas associadas à sua ocorrência, os seus efeitos em projetos de software, entre outras análises. No que diz respeito as causas e efeitos da DT, este estudo partiu de uma análise preliminar de questionários realizados por outros trabalhos anteriores, que contribuíram com evidências, porém em um cenário ainda limitado a nível de escopo de participantes (o maior com 17 participantes) e ameaças maiores a validade (com um máximo de 5 empresas em cada questionário). Através do InsignTD, foi possível obter um total de 107 respostas de organizações de tamanhos diferentes e em maior quantidade.

A partir deste estudo foi possível identificar 78 causas diferentes para ocorrência de itens de DT, com destaque para prazo (mais citada), planejamento inadequado, falta de um processo bem definido, e não-adoção de boas práticas. Em novo estudo realizado por Rios et. al. (2020), foi observado que muitas das causas citadas no questionário tinham alguma relação entre si e, portanto, poderiam ser organizadas em categorias, o que foi feito em um processo de comparação realizado pelo autor e um segundo pesquisador, resultando nas seguintes categorias:

- a) Questões de desenvolvimento: representa problemas que ocorrem durante o desenvolvimento, como baixa qualidade e não-adoção de boas práticas;
- b) Fatores externos: representa causas que são externas ao projeto como um todo, tais como componentes descontinuados, e clientes que não sabem exatamente o que querem;
- c) Infraestrutura: representa causas vinculadas a tecnologias, ambientes de desenvolvimento, e ferramentas, tais como utilização inadequada de ferramentas e infraestrutura indisponível;
- d) Falta de conhecimento: representa problemas relacionados a falta de conhecimento de uma equipe em desenvolver um projeto, tais como problemas de compreensão e falta de experiência;
- e) Metodologia: agrupa as causas relacionadas a processos e metodologias utilizadas durante o desenvolvimento do projeto, como a falta de processos bem definidos e ausência de revisão de código;
- f) Organizacional: representa as causas vinculadas a organização como um todo, tais como decisões inadequadas da gerência e falta de profissionais qualificados;
- g) Pessoas: agrupa as causas relacionadas aos membros das equipes de desenvolvimento de software, a exemplo de falta de comprometimento e equipe sobrecarregada;
- h) Planejamento e gestão: representa causas relacionadas ao planejamento de projetos e gestão, como planejamento inadequado e alocação de recursos ineficiente.

2.3 EFEITOS DA DÍVIDA TÉCNICA

Assim como foi feito com as causas de DT apresentadas na seção anterior, os efeitos da DT identificados pelo mesmo estudo foram contabilizados (em um total de 66 efeitos), com destaque para baixa qualidade externa, atraso nas entregas, baixa manutenibilidade, e retrabalho

como principais efeitos percebidos pelos respondentes. Para melhor representá-los, eles também foram categorizados da seguinte forma:

- a) Questões de desenvolvimento: representa os efeitos percebidos durante as atividades de desenvolvimento, como perda de rastreabilidade de objetos e necessidade constante de novos testes;
- b) Fatores externos de qualidade: representa efeitos relacionados a qualidade dos artefactos de software criados durante o desenvolvimento, tais como baixa qualidade externa, e falta de credibilidade do produto final de software;
- c) Fatores internos de qualidade: esta categoria se refere a efeitos relacionados a questões internas de qualidade, a exemplo de código de baixa qualidade, problemas de desenho, aumento da quantidade de artefatos a manter, baixa manutenibilidade e interrupção das atividades de desenvolvimento para pagamentos de itens de DT;
- d) Organizacional: representa os efeitos vinculados a organização como um todo, tais como falta de treinamento e reputação ruim da empresa;
- e) Pessoas: agrupa os efeitos que atingem os membros das equipes de desenvolvimento de software, a exemplo de alto *turnover* e equipe desmotivada;
- f) Planejamento e gestão: representa os efeitos relacionados ao planejamento de projetos e gestão, como estimativas de entrega mais imprecisas e mudanças no planejamento.

2.4 GERENCIAMENTO DA DÍVIDA TÉCNICA

Dívida técnica é inevitável. A questão não está em simplesmente eliminar itens de DT, mas em gerenciá-los (ALLMAN, 2012). Pesquisas explanando situações como não gerenciar ou negligenciar a presença da DT em equipes de desenvolvimento de software passaram a evidenciar e especificar diversas consequências negativas para os seus projetos, tais como uma maior dificuldade em atender novos requisitos ao longo do ciclo de vida do software (KRUCHTEN et al., 2019), redução da velocidade de novas implementações (YANG; BOODRAJ, 2020), maior dificuldade e custo na manutenção do software (LI et. al., 2015), e até mesmo influência direta na complexidade do software em geral, tornando sistemas mais resistentes a mudança e mais sensíveis ao aparecimento de novos erros (BROWN et al., 2010).

O GDT possui 11 atividades citadas na literatura: identificação, quantificação, priorização, prevenção, monitoramento, pagamento, documentação, comunicação (LI et. al.,

2015), visualização de DT, análise de tempo de mercado, e análise de cenário (RIOS et. al., 2018a).

Identificar as principais práticas de pagamento de DT e MNPs pode ser o primeiro passo no processo de escolha das melhores estratégias para melhor controlar a evolução da DT (FREIRE et al., 2021). Na próxima seção, serão abordados os aspectos envolvendo a atividade de pagamento de DT.

2.4.1 Pagamento da Dívida Técnica

O pagamento da DT é uma atividade da GDT que tem o objetivo de eliminar ou mitigar itens de DT existentes em projetos de software através da adoção de práticas como reengenharia e refatoração (LI et. al., 2015). Diversos estudos têm investigado como profissionais de desenvolvimento de software pagam itens de DT em seus projetos. O mapeamento feito por Li et. al., (2015), por exemplo, identificou as seguintes categorias associadas ao pagamento da DT:

- a) Refatoração
- b) Reescrita de código
- c) Automação
- d) Reengenharia
- e) Relançamento
- f) Correção de bugs
- g) Implementação de tolerância maior a falhas

Outro estudo, realizado por Samarthyam et. al., (2017), promoveu uma visão geral sobre um tipo de DT, que é a dívida de testes de software. Este estudo revelou práticas utilizadas para reduzir a ocorrência deste tipo de DT, tais como programação em pares, codificação limpa e refatoração. Outros tipos de abordagem, como um *survey* realizado por Apa et al. (2020a), investigou as práticas utilizadas por profissionais da indústria de software Uruguaia para pagar itens de DT, revelando que refatoração, redesenho e reescrita de código são práticas de pagamento adotadas. Apa et al. (2020b) conduziu outro *survey* publicado no mesmo ano de 2020, desta vez com o objetivo de identificar as práticas que *startups* adotam para eliminar itens de DT, encontrando as mesmas práticas reportadas no seu trabalho anterior.

De forma mais abrangente e aprofundada, Freire et. al., (2020) apresentou as principais práticas utilizadas para pagar itens de DT encontradas no *survey* executado através do projeto

InsighTD (contando com uma amostra de 432 profissionais respondentes de quatro países diferentes), além dos principais MNPs citados pelo profissionais e os categorizou (práticas e MNPs). As principais práticas de pagamento identificadas foram refatoração de código, refatoração do projeto, e atualização da documentação dos sistemas. Entre os principais MNPs, estiveram: baixa prioridade, falta de interesse da organização, foco em objetivos de curto prazo, e custo.

2.4.2 Pagamento da DT em equipes que adotam desenvolvimento de software ágil

No contexto do desenvolvimento de software ágil, uma revisão sistemática da literatura realizada por Behutiye et. al., (2017) identificou as categorias de práticas para eliminar itens de DT como sendo *refatoração, automação de testes e análise de código*. De forma semelhante ao que foi encontrado por Freire et. al., (2020), só que desta vez através de um estudo de caso, Bomfim Jr. e Santos (2016) investigaram as práticas para reduzir a DT e o MNPs. As práticas identificadas foram: *dividir métodos para alcançar maior reuso, utilizar design patterns, refatorar códigos antigos, e utilizar soluções paliativas*.

Os MNPs encontrados foram:

- a) Preocupação com possíveis impactos, principalmente funcionais, em outras partes do código uma vez que a equipe não possui experiência mantendo todo ele;
- b) Falta de cobertura adequada de testes ou excesso de testes manuais;
- c) Baixo impacto para o negócio como um todo;
- d) Alto esforço.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreveu o referencial teórico sobre DT, destacando a evolução das pesquisas, causas e efeitos da DT, gerenciamento e o que há de conhecimento sobre a atividade de pagamento de itens de DT no contexto geral do desenvolvimento de software e em equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil.

Do ponto de vista da atividade de pagamento, apesar destes estudos proverem informações relevantes sobre as práticas de pagamento e motivos para o não-pagamento, eles refletem apenas o ponto de vista de um pequeno número de profissionais e organizações. Além

disso, apenas dois destes trabalhos foram conduzidos no contexto ágil. Portanto, uma investigação mais profunda é necessária para melhor entender como esta atividade de pagamento é executada em projetos de desenvolvimento de software ágil uma vez que esta metodologia é largamente adotada atualmente (HODA et. al., 2018).

O próximo capítulo apresenta o projeto *InsighTD* e descreve a sua origem, evolução e importância para este trabalho. Por fim, são descritas as etapas específicas do *InsighTD* executadas para este trabalho.

Capítulo 3 – O Projeto InsignTD

Este capítulo apresenta o projeto InsignTD, descrevendo sua origem, estrutura e destacando a importância dele para este trabalho de dissertação.

3.1 INTRODUÇÃO

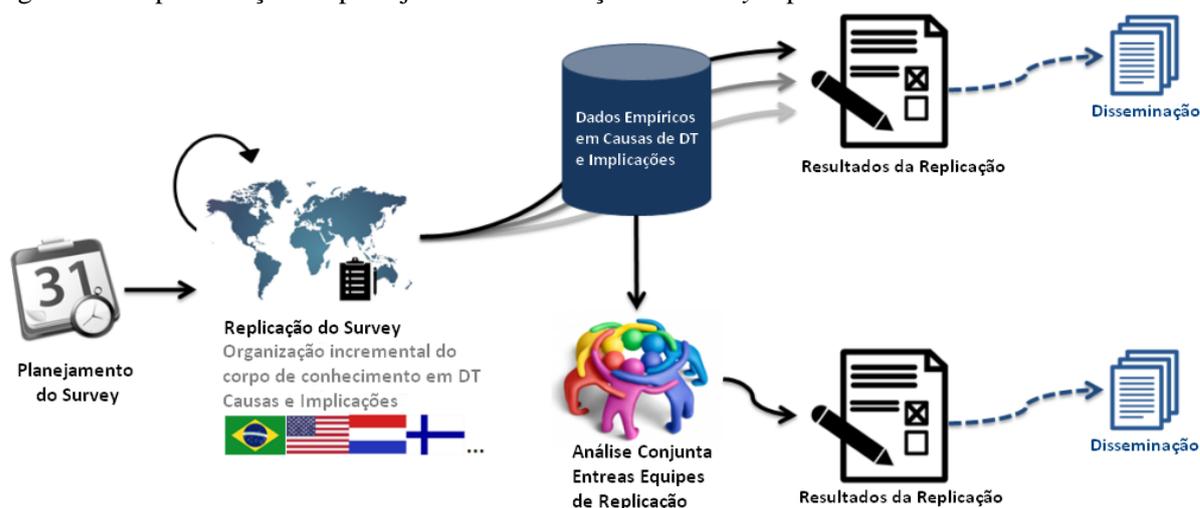
Este capítulo tem por objetivo, em um primeiro momento, apresentar o projeto InsignTD com informações sobre sua concepção, estrutura e dados históricos de estudos vinculados ao projeto. Em um segundo momento, é apresentado de que forma este trabalho está contextualizado no projeto, destacando a sua importância para o desenvolvimento do estudo e por consequência as contribuições.

3.2 O PROJETO INSIGHTD

O InsignTD é uma família de *surveys* industriais distribuído globalmente e tem por objetivo investigar, através de um questionário replicado por pesquisadores em 12 países (Brasil, Estados Unidos da América, Finlândia, Índia, Arabia Saudita, Argentina, Chile, Costa Rica, Sérvia, Noruega, Itália e Colômbia), o estado da prática e tendências da indústria de software no que diz respeito a DT, evidenciando as causas que influenciam diretamente na ocorrência de DT, os efeitos da sua existência, como estes efeitos se manifestam como problemas no processo de desenvolvimento de software, e como equipes de desenvolvimento de software lidam quando passam a ter ciência da presença de itens de dívida nos seus projetos (PROJETO INSIGHTD, 2022).

O InsignTD foi projetado em 2017 com a capacidade de ser executado de forma incremental e em larga escala através de replicações contínuas e independentes de um mesmo questionário em diferentes países, conforme representado na Figura 3. Desta forma, tem sido possível reunir de forma incremental dados sobre problemas práticos da DT considerando diferentes culturas de desenvolvimento de software, tamanhos de organizações, metodologias de desenvolvimento e assim por diante.

Figura 3 – Representação do planejamento e execução do *survey* replicado



Fonte: adaptada de <http://www.td-survey.com/project-info> em (2022).

3.2.1 Trabalhos anteriores do InsignTD

O InsignTD é formado atualmente por 36 pesquisadores distribuídos por diversos países do mundo. O *survey* já foi replicado em seis países e somadas, as replicações representam a participação de 653 profissionais da indústria de software global. O projeto foi estruturado seguindo seis principais áreas de pesquisa, utilizadas como norte em suas publicações:

- a) **Conceito de DT:** tem o objetivo de pesquisar o nível de disseminação da metáfora da DT assim como o que a caracteriza na prática;
- b) **Causas da DT:** busca mapear as principais causas e as mais prováveis de levar a ocorrência de DT;
- c) **Efeitos da DT:** busca mapear os principais e mais impactantes efeitos da DT;
- d) **Prevenção da DT:** busca compreender até que ponto a DT pode ser prevenida;
- e) **Monitoramento da DT:** tem o objetivo de pesquisar se a indústria de software monitora a presença de DT em seus projetos, as práticas adotadas pelos profissionais, e os eventuais impedimentos que dificultam o monitoramento;
- f) **Pagamento da DT:** nesta área de pesquisa, o objetivo é compreender se a DT vem sendo paga em projetos da indústria de software, as práticas de pagamento adotadas, assim como eventuais impedimentos que impõem dificuldades ao pagamento de itens de DT.

As últimas três citadas compõem as áreas do GDT dentro do InsignTD. Além destas áreas, o questionário do InsignTD também conta com questões de caracterização, permitindo analisar dados coletados sob diferentes óticas, tais como nível de experiência do profissional, papel na organização, tamanho da organização, tamanho da equipe, tamanho do sistema em questão, idade do sistema, e metodologia de desenvolvimento utilizada.

Diversos resultados vêm sendo disseminados através dos dados das replicações do InsignTD, como por exemplo, o projeto do *survey* e a sua primeira execução publicada por Rios et. al., (2020), uma lista de causas e efeitos da DT por Ramač et. al., (2021), e como profissionais da indústria de software gerenciam itens da DT, publicados por Freire et. al., (2020) e (2021a). Mais especificamente, esta penúltima publicação citada apresentou as principais práticas utilizadas para pagar itens da DT e os MNPs relacionados a casos em que a DT não foi paga.

Outro estudo, desta vez realizado por Pérez et. al., (2020), discutiu o relacionamento entre causas e práticas de pagamento, enquanto Freire et. al., (2021b) investigou efeitos e práticas de pagamento. Por último, as práticas utilizadas por arquitetos de software foram apresentadas por Pérez et. al., (2021), e as principais práticas e MNPs associados com o pagamento da DT em equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil foram apresentados por Freire et. al., (2021a).

Apesar destes estudos reportarem diversos achados no que diz respeito a atividade de pagamento da DT, apenas Freire et. al., (2021a) os discutiu no contexto ágil. O autor, porém, não investigou neste estudo se profissionais de equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil pagaram itens de DT em seus projetos, nem como as práticas e MNPs estão relacionados a questões de desenvolvimento de software (categorizando as práticas e MNPs). Estes tópicos são abordados neste trabalho de dissertação, que além de analisar estes dados, propõe um artefato de apoio a visualização adequada para eles.

3.3 METODOLOGIA

Essa seção apresenta as questões de pesquisa que foram definidas para este trabalho, além dos procedimentos de coleta e análise de dados que foram performados para respondê-las:

QP1: Com que frequência os profissionais que utilizam metodologias ágeis pagam itens de DT? Ao responder esta questão, será possível determinar com que frequência itens de DT tem sido eliminados por profissionais agilistas.

QP2: Quais são as principais práticas utilizadas pelos profissionais agilistas para pagar itens de dívida? O propósito desta questão é identificar as práticas utilizadas para eliminar a DT em projetos de software que aderem ao desenvolvimento de software ágil. Tendo ciência destas práticas, outras equipes de desenvolvimento de software poderão escolher as práticas mais adequadas ao contexto dos seus projetos.

QP3: Quais são os principais MNPs considerados pelos profissionais agilistas para explicar o não-pagamento de itens de DT? Através desta questão, serão colocados sob a luz os MNPs que dificultam ou até mesmo impedem a implementação de práticas de pagamento da DT. Essa resposta pode apoiar os profissionais a saberem o que pode ser feito para criar um cenário mais favorável para o pagamento da dívida.

3.3.1 Coleta de Dados

Foram utilizados dados coletados do projeto InsignTD. O questionário utilizado é composto por 28 questões, conforme descrito por Rios et. al., (2020). Neste estudo, um subconjunto dessas questões foi definido de forma que atendesse a caracterização dos participantes e a atividade de pagamento da DT. A Tabela 1 apresenta estas questões juntamente com o seu número de identificação (Nº), descrição e tipo.

As questões Q1 a Q8 capturam a caracterização dos participantes. Na Q13, os participantes responderam com um exemplo de DT que ocorreu em seus projetos e indicaram, na Q15, a representatividade deste exemplo. Por último, os participantes forneceram seus pontos de vista sobre a atividade de pagamento da DT nas Q26 e Q27.

Para coletar as respostas, as equipes de replicação do InsignTD, que foram definidas por conveniência e rede de contatos, convidaram profissionais das indústrias de software do Brasil, Chile, Colômbia, e América do Norte. As equipes utilizam a ferramenta LinkedIn, grupos de membros filiados a indústria de software, listas de e-mails e parceiros da indústria como canais de convite. A coleta dos dados foi feita entre 2018 e 2020, no contexto das replicações do projeto InsignTD.

Todas as respostas coletadas foram validadas seguindo três critérios de aceitação: (i) o participante indicado na Q8 deve ter trabalhado em um projeto que siga metodologias ágeis de desenvolvimento de software, (ii) o exemplo dado na Q13 precisa ser de fato um item de DT, e (iii) as respostas dadas na Q27 precisam refletir práticas ou MNPs associados ao pagamento da

DT. Estes critérios foram utilizados para garantir que os dados coletados estariam alinhados com o objetivo deste trabalho.

Tabela 1 - Subconjunto do questionário do InsignTD utilizado

Nº	Questão (Q)	Tipo
Q1	Qual o tamanho da empresa onde você trabalha?	Fechada
Q2	Em qual país você trabalha atualmente?	Fechada
Q3	Qual é o tamanho do sistema que está sendo desenvolvido nesse projeto? (LDC = linhas de código)	Fechada
Q4	Qual é o número total de membros envolvidos no projeto?	Fechada
Q5	Qual é a idade do sistema até agora ou até onde o seu envolvimento terminou?	Fechada
Q6	Qual é o seu papel neste projeto?	Fechada
Q7	Como você avalia sua experiência nessa função?	Fechada
Q8	Qual das seguintes opções descreve melhor a metodologia de desenvolvimento adotada neste projeto?	Fechada
Q13	Por favor, forneça um exemplo de DT que teve um impacto significativo em seu projeto:	Aberta
Q15	Sobre este exemplo, quão representativo ele é?	Fechada
Q26	O item da dívida do projeto foi pago (eliminado)?	Fechada
Q27	Se sim, como? Se não, por quê?	Aberta

Fonte: adaptado de Rios et. al (2020).

3.3.2 Análise de Dados

Foram aplicados diferentes procedimentos de análise de dados. Para as questões fechadas, foi calculado o número de participantes que escolheram cada opção disponível nestas questões. Esse cálculo garantiu uma análise da caracterização das questões (Q1-Q8) e ajudou a responder a QP1 definindo se os itens de DT têm sido pagos no contexto de projetos de desenvolvimento de software ágil (Q26) e a identificar quão representativo o item de DT foi.

Para as questões abertas, foi utilizada uma análise qualitativa de dados. Este procedimento foi executado utilizando a língua nativa dos participantes uma vez que o *survey* foi traduzido para a replicação em cada país. Nas respostas dadas a Q27, foi aplicado um processo de codificação manual seguindo uma abordagem de lógica indutiva (STRAUSS; CORBIN, 1998; SEAMAN, 1999). Inicialmente, essas respostas foram divididas em dois subconjuntos de acordo com as respostas da Q26 (uma questão de Sim/Não). O primeiro subconjunto é composto por respostas da Q27 quando a Q26 recebeu uma resposta positiva, enquanto o segundo é formado por respostas da Q27 quando a Q26 recebeu uma resposta negativa. Então, as respostas foram codificadas com o objetivo de encontrar práticas de pagamento da DT (primeiro subconjunto) ou MNPs (segundo subconjunto). O processo de codificação foi executado iterativamente até que nenhum novo código fosse identificado. Os

códigos do primeiro subconjunto foram utilizados para responder a QP2 e os do segundo subconjunto para responder a QP3.

Para ilustrar o processo de codificação, vamos considerar as seguintes respostas fornecidas pelos participantes: “o código foi refatorado após o lançamento para cumprir todos os requisitos”, “nós reescrevemos o código que gerava DT”, e “a equipe levou aproximadamente três semanas com duas pessoas trabalhando para redesenhar elementos do código base”. Destas respostas, foram extraídos respectivamente os códigos (i) refatoração de código, (ii) reescrita de código, e (iii) redesenho do código base. Como estes códigos possuem o mesmo significado, eles foram unificados como: refatoração de código.

Em seguida, foi executado um processo de agrupamento para organizar os códigos do mesmo subconjunto em categorias, descrito por Strauss e Corbin, (1998). Quando um pesquisador do InsignTD que participou da análise identificava um relacionamento entre os códigos, eles eram agrupados em categorias. Para nomear as categorias, foram utilizadas as definidas previamente por Rios et. al., (2020). Por exemplo, foi utilizada a categoria metodologia para agrupar práticas como revisão de código e uso de análise de código, e a categoria organizacional para agrupar os MNPs falta de interesse da organização e falta de recursos.

Ao menos dois pesquisadores de cada equipe de replicação, separadamente, executaram todos os processos descritos nesta seção. Além disso, a lista inicial de práticas e MNPs e suas respectivas categorias foram codificadas pela equipe de replicação do Brasil, e a lista foi traduzida para a língua inglesa e enviada as demais equipes de replicação para seguir com o processo e padronizar a nomenclatura. Por último, a equipe de replicação brasileira verificou a lista final para garantir a consistência do processo.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto InsignTD, atualmente com cerca de cinco anos de existência, se apresenta como uma iniciativa madura e durável, promovendo ano a ano publicações de notável relevância para o tema da DT na academia.

Neste capítulo, foi detalhada a estrutura do InsignTD, bem como sua metodologia de pesquisa e contribuições mais recentes. No próximo capítulo serão apresentados os resultados encontrados a partir da análise dos dados do *survey* e as suas implicações, incluindo a proposta de um artefato de visualização para equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil.

Capítulo 4 – Resultados

Neste capítulo, são apresentados os resultados da análise de dados coletados no contexto do Projeto InsignTD com o objetivo de identificar se as equipes de desenvolvimento que adotam o desenvolvimento de software ágil pagam itens de DT, quais são as práticas utilizadas por elas e, quando não pagam, quais são os principais motivos para isso acontecer.

4.1 INTRODUÇÃO

A adoção de metodologias ágeis pode trazer benefícios para projetos de software, porém tais metodologias também possuem maior tendência a acumular itens de DT (KURAPATI et. al., 2012). Conhecer as práticas utilizadas para pagar itens de DT e os motivos pelos quais eventualmente itens de DT não foram pagos pode auxiliar profissionais de metodologias ágeis a elevar as suas capacidades de gerenciar melhor a dívida técnica.

O objetivo deste Capítulo é apresentar os resultados deste trabalho de dissertação, que visa contribuir com o corpo de conhecimento do GDT, mais especificamente sobre a atividade de pagamento, e suas implicações em projetos de software que adotam metodologias ágeis, através da análise dos dados obtidos do InsignTD e de uma proposta de um novo artefato para visualização e compartilhamento de dados entre equipes de desenvolvimento de software ágil.

4.2 RESULTADOS

No total, após os filtros de caracterização das respostas, o *survey* recebeu 179 respostas válidas de profissionais que adotam metodologias ágeis em seus projetos. Destes, 51 foram do Brasil, 49 da Colômbia, 29 do Chile, e outros 50 profissionais da América do Norte.

4.2.1 Dados demográficos

A maioria dos participantes se identificaram como desenvolvedores (44%), seguido de arquitetos de software (20%), gerentes de projeto (19%), testadores (10%), e outros papéis (7%). Além disso, a maior parte deles se colocou em posição de proficiência (36%;

entendimento técnico aprofundado e área de atuação), seguido de especialista (26%; conhecimento técnico com autoridade e entendimento facilitado em toda área de atuação), competente (25%; faz um bom trabalho e possui bom conhecimento de base na área de atuação), iniciante (12%; tem experiência profissional prática em aspectos mais importantes), e novato (1%; conhecimento mínimo ou “de cursinho” sem conexão direta com a prática).

A maior parte dos participantes trabalhava em organizações de médio porte (38%, organizações com 51 a 1000 funcionários), seguido de pequeno porte (32%, até 50), e grande porte (30%, mais do que 1000 funcionários). Normalmente, os participantes trabalhavam em equipes de 5 a 9 pessoas (30%), seguido por equipes compostas por 10 a 20 pessoas (27%), mais de 30 pessoas (19%), menos de 5 pessoas (17%), e 21 a 30 pessoas (7%).

No que diz respeito aos sistemas citados nas respostas, a maior parte deles tinham de 2 a 5 anos de existência (39%), seguido de 1 a 2 anos (24%), menos de 1 ano (15%), 5 a 10 anos (15%), e acima de 10 anos (7%). O tamanho de sistema mais comum foi entre 10KLDC (KLDC = 1000 linhas de código) e 1 MLDC (MLDC = milhão de linhas de código) representando 64%, seguido de sistemas com tamanho entre 1 e 10 MLDC (17%), menos de 10 KLDC (12%), e mais do que 10 MLDC (6%). Por último, os exemplos descritos pelos participantes na Q13 foram um tipo de dívida que acontece (i) de tempos em tempos no projeto (47%), (ii) com frequência no projeto (36%) ou em uma única vez (16%).

Em resumo, o conjunto de dados obtido apresentou uma diversidade de projetos com diferentes papéis dos profissionais, níveis de experiência, tamanho de sistemas, equipe e organização.

4.2.2 QP1 - Com que frequência os profissionais que utilizam metodologias ágeis pagam itens de DT?

No total, aproximadamente 55% dos participantes indicaram que o item de DT reportado por eles não foi eliminado. Apesar deste resultado indicar que a maior parte dos itens de DT não foram pagos, ele também pode sugerir que a atividade de pagamento de DT em projetos de desenvolvimento de software ágil não é apenas algo que é deixado para ser feito no futuro, pois isso já acontece nos demais 45% dos casos.

Contudo, para melhor investigar este resultado, também foi analisada a relação entre a atividade de pagamento de itens de DT e o quão representativo esses itens eram (Q15). A Tabela 2 apresenta essa associação. Foi possível notar que, para itens de DT que aparecem com frequência nos projetos, profissionais ágeis tendem a não pagar a dívida. Por outro lado, o

pagamento de itens de DT que aparecem de vez em quando ou uma única vez no projeto, é uma prática mais comum. Isso é uma indicação de que a proporção de itens de DT que não foram eliminados tende a ser maior.

Tabela 2 - Ocorrência de um item de DT e o seu pagamento

Ocorrência do item de DT	O item de DT foi pago?	
	Sim	Não
É um tipo de dívida que ocorre com frequência no projeto	18	47
É um tipo de dívida que ocorre de vez em quando no projeto	46	39
Ocorreu apenas uma vez	16	13

4.2.3 QP2 - Quais são as principais práticas utilizadas pelos profissionais agilistas para pagar itens de dívida?

Foram identificadas 27 práticas de pagamento. A Tabela 3 apresenta as 10 práticas mais citadas, destacando o nome da prática e a contagem total de respostas que mencionou a prática para pagar itens de DT (#CRRP). A coluna %RRPP representa a porcentagem de #CRRP em relação ao total de todas as respostas positivas a Q26 que citaram ao menos uma prática na Q27, revelando com que frequência cada prática foi utilizada nos projetos de software. A Figura 4 demonstra todas as práticas identificadas (com suas #CRRP e %RRPP correspondentes) organizadas em categorias.

Tabela 3 - As 10 práticas relacionadas ao pagamento de itens de DT mais citadas

Prática de pagamento	#CRRP	%RRPP
Refatoração de código	30	27%
Esforço Investido em Atividades de Pagamento de DT	10	9%
Esforço Investido em Atividades de Testes	9	8%
Refatoração de Desenho	7	6%
Priorização de Itens de DT	7	6%
Monitoramento e Controle de Atividades do Projeto	5	4%
Resolução de Questões Técnicas	5	4%
Uso de Iterações Curtas de Feedback	5	4%
Adoção de Boas Práticas	4	4%
Implementação de Ações Preventivas para Evitar Itens de DT	3	3%

A prática *refatoração de código* foi a mais citada, sendo utilizada por 27% dos projetos. As práticas *esforço investido em atividades de pagamento de DT* e *esforço investido em atividades de testes* ficaram também bem-posicionadas, revelando que os profissionais têm considerado práticas para melhorar a própria capacidade em eliminar itens de DT.

Apesar das práticas *esforço investido em atividades de pagamento de DT* e *esforço investido em atividades de testes* não eliminarem diretamente itens de DT, elas criam um

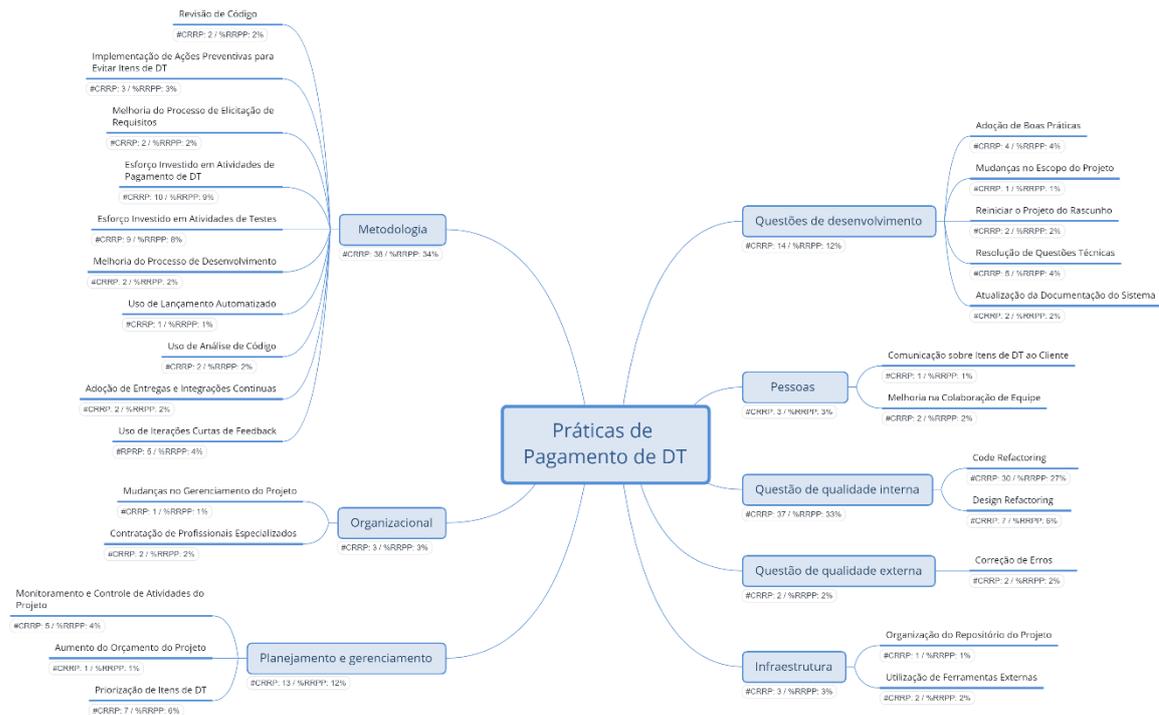
cenário favorável para empregar outras práticas como a *refatoração de código*. Portanto, profissionais ágilistas tem adotado dois tipos de práticas, o que acaba criando um cenário favorável para a atividade de pagamento da DT e uma consequente eliminação de itens de dívida.

As práticas estão associadas entre si, representando uma questão de desenvolvimento de software. *Refatoração de código* e *refatoração de desenho*, por exemplo, estão relacionadas a questões de qualidade interna. Logo, as práticas identificadas foram agrupadas nas seguintes categorias, de forma a melhor representar essas questões (representação gráfica na Figura 4):

- a) **Questões de desenvolvimento:** contempla práticas relacionadas a atividades de desenvolvimento de software tais como *adoção de boas práticas* e *resolução de questões técnicas*.
- b) **Questões de qualidade externa:** agrupa práticas que estão relacionadas aos aspectos de qualidade de software perceptíveis pelo usuário final. Apenas a prática *correção de erros* está nesta categoria.
- c) **Infraestrutura:** contempla práticas relacionadas a ferramentas, tecnologias, e ambiente de desenvolvimento. Por exemplo, *utilização de ferramentas externas* e *organização do repositório do projeto*.
- d) **Questões de qualidade interna:** inclui práticas que podem ser empregadas para lidar com questões que comprometem a qualidade interna do software. Esta categoria inclui apenas duas práticas: *refatoração de código* e *refatoração de desenho*.
- e) **Metodologia:** esta categoria está relacionada com práticas associadas a processos seguidos pela equipe de desenvolvimento. São exemplos: *esforço investido em atividades de pagamento de DT*, *esforço investimento em atividades de testes*, e *uso de iterações curtas de feedback*.
- f) **Organizacional:** se refere a práticas associadas com decisões organizacionais, tal como *mudanças no gerenciamento do projeto*.
- g) **Pessoas:** inclui práticas relacionadas aos membros da equipe de desenvolvimento, como por exemplo, *melhoria da colaboração de equipe* e *comunicação sobre itens de DT ao cliente*.
- h) **Planejamento e gerenciamento:** agrupa práticas associadas com atividades de gerenciamento. Exemplos de práticas desta categoria são *monitoramento e controle de atividades do projeto* e *priorização de itens de DT*.

As categorias indicam um cenário onde *metodologia* e *questões de qualidade interna* representam, juntas, quase 70% das práticas citadas. Este resultado destaca que no que diz respeito a práticas de pagamento de itens de DT, equipes de desenvolvimento de software ágil tendem a atuar nas duas frentes.

Figura 4 – Práticas de pagamento da DT e suas categorias



4.2.4 QP3 - Quais são os principais MNPs considerados pelos profissionais agilistas para explicar o não-pagamento de itens de DT?

Foram identificados 17 MNPs considerados pelos participantes para explicar o não-pagamento de itens de DT. A Tabela 4 representa os 10 MNPs mais citados, reportando o nome do MNP e a contagem total de respostas que mencionaram esse MNP para explicar o não-pagamento (#CPAR). A coluna %PARP representa a porcentagem de #CPAR em relação ao total de todas as respostas, revelando com que frequência cada MNP foi considerado nos projetos de software. A Figura 5 representa todos os MNPs identificados (com seus #CPAR e %PARP correspondentes) organizados em categorias.

Tabela 4 - Os 10 MNPs de itens de DT mais citados

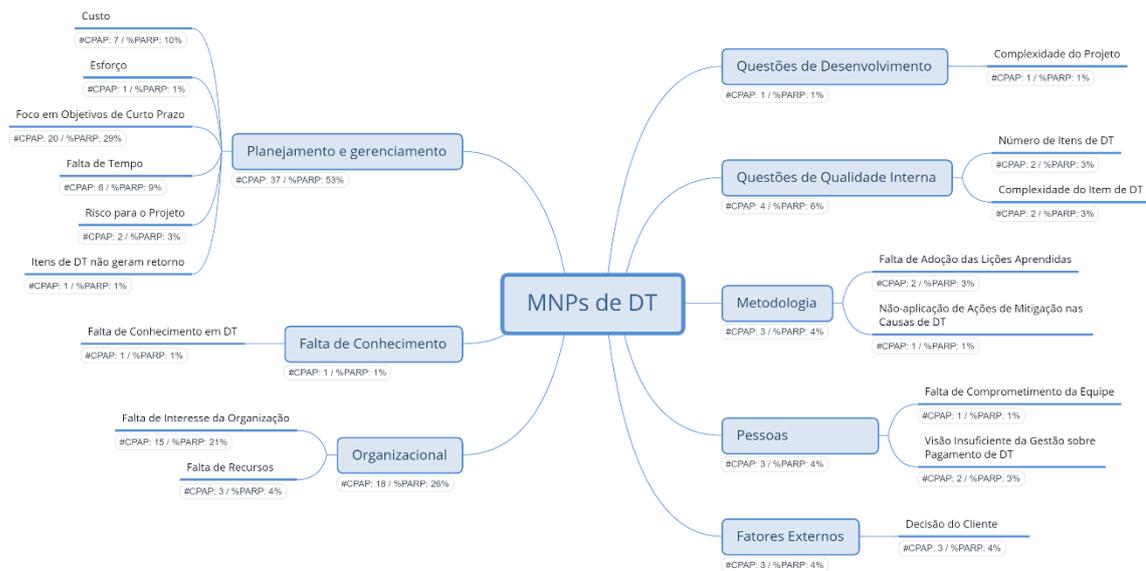
Motivo para o não-pagamento (MNP)	#CPAP	%PARP
Foco em objetivos de curto prazo	20	30%
Falta de interesse da organização	15	21%
Custo	7	10%
Falta de Tempo	6	9%
Decisão do Cliente	3	4%
Falta de Recursos	3	4%
Visão da Gestão Insuficiente sobre Pagamento de DT	2	3%
Falta de adoção das lições aprendidas	2	3%
Número de itens de DT	2	3%
Risco para o projeto	2	3%

O MNP *foco em objetivos de curto prazo* foi o mais mencionado para explicar o não-pagamento, sendo considerado em 30% dos projetos. *Falta de interesse da organização*, *custo*, e *falta de tempo* também ficaram bem posicionados, sendo considerados em 21%, 10%, e 9% dos projetos, respectivamente.

Os MNPs também demonstraram relacionamento entre si. Por exemplo, *foco em objetivos de curto prazo* e *custo* estão associados a planejamento e questões relacionadas a gerenciamento. Portanto, assim como feito para as práticas de pagamento, também organizamos os MNPs em categorias, como segue (veja a Figura 5):

- a) **Questões de desenvolvimento:** apenas o MNP *complexidade do projeto* compõe essa categoria.
- b) **Fatores externos:** organiza os MNPs relacionados a fatores que estão fora de controle da equipe de desenvolvimento. Por exemplo, *decisão do cliente*.
- c) **Questões de qualidade interna:** *complexidade do item de DT* e *número de itens de DT*.
- d) **Falta de conhecimento:** agrupada os MNPs associados com a necessidade de conhecimento técnico. Por exemplo, *falta de conhecimento em DT*.
- e) **Metodologia:** *falta de adoção de lições aprendidas* e *não-aplicação de ações de mitigação nas causas de DT*.
- f) **Organizacional:** *falta de interesse da organização* e *falta de recursos*.
- g) **Pessoas:** *visão da insuficiente da gestão sobre pagamento de DT* e *falta de comprometimento da equipe*.
- h) **Planejamento e gerenciamento:** *foco em objetivos de curto prazo*, e *custo*.

Figura 5 – MNPs de itens de DT e suas categorias



Após agrupar os MNPs em categorias e exibi-los em um mapa mental (Figura 5), foi possível identificar que existem categorias com mais destaque que outras. As categorias *planejamento e gerenciamento*, e *organizacional* representaram respectivamente 53% e 26% de todas as citações de MNPs, indicando que mais de 75% dos desafios enfrentados por equipes de desenvolvimento de software ágil para aumentar sua habilidade de pagar a dívida estão relacionados ao negócio ou a estratégias do projeto. Além disso, categorias como *questões de desenvolvimento*, com apenas 1% das citações, enfatizam que questões técnicas não parecem ser determinantes para pagar ou não itens de DT.

4.3 DISCUSSÃO

Nesta seção, serão discutidos os resultados obtidos face as questões de pesquisa que foram definidas para este estudo, estendendo as respostas das questões a conclusões mais elaboradas com base nos dados analisados. Além disso, será apresentado o quadro de pagamento de DT. Por fim, os resultados serão comparados com os reportados por trabalhos relacionados.

4.3.1 Revisitando as Questões de Pesquisa

O cenário da atividade de pagamento de DT em projetos de desenvolvimento de software ágil ainda está longe do ideal, como indicado pela maioria dos profissionais que respondeu o *survey* (QP1). Isso é particularmente preocupante em projetos de desenvolvimento de software ágil em virtude da sua natureza baseada em entregas de curto prazo, o que pode ao longo do tempo ir sendo comprometida pelo acúmulo de itens de DT.

Foram identificadas 27 práticas utilizadas por profissionais agilistas para pagar a dívida (QP2). Entre elas, *refatoração de código*, *esforço investido em atividades de pagamento de DT*, e *esforço investido em atividades de testes*. Apesar dessas duas últimas práticas não eliminarem itens de DT diretamente, elas criam um cenário favorável para empregar outras práticas, a exemplo da *refatoração de código*. Logo, profissionais agilistas tem utilizado essas duas práticas para criar um cenário favorável para o pagamento e eliminação de itens de DT. Além disso, ao categorizar as práticas identificadas, ficou em evidência que *metodologia* e *questões de qualidade interna* foram as mais citadas, revelando que práticas desta categoria podem ser críticas para a atividade de pagamento de DT.

Por fim, foram identificados 17 MNPs que justificam o não-pagamento da DT. *Foco em objetivos de curto prazo*, *falta de interesse da organização*, e *custo* foram os mais citados. Da mesma forma, estes MNPs foram agrupados em categorias, revelando que a categoria *planejamento e gerenciamento* concentrou a maior parte das citações de MNPs. Isso indica que questões relacionadas ao planejamento e gerenciamento do projeto são decisivas para um cenário onde os itens de DT não são pagos no contexto de equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil.

4.3.2 Quadro de Pagamento da Dívida Técnica

Sabendo que a representação visual da informação é relevante para equipes aderentes ao desenvolvimento de software ágil (PAREDES et. al., 2014), este trabalho propôs um quadro para representar as categorias de práticas e MNPs discutidos nos resultados. Este quadro foi baseado na proposta de Dos Santos et. al., (2013). O quadro proposto estende o anterior, (i) especializando-o de forma a visualizar as práticas e MNPs relacionados ao pagamento de DT e (ii) considerando as categorias de práticas e MNPs que foram concebidas neste estudo. Além disso, o quadro permite a visualização das competências das equipes em trabalhar nas soluções

para a atividade de pagamento de DT ou de MNPs vivenciados pelas equipes resultando em itens de DT não pagos.

A Figura 6 apresenta o **Quadro de Pagamento de DT para MNPs**, que consiste em uma matriz composta de categorias de MNPs e suas respectivas frequências de relato. Cada linha representa uma perspectiva de análise que, neste caso, é o tamanho da equipe (mas podem ser utilizadas outras como, por exemplo, tamanho do projeto ou idade do projeto). Dessa forma, o quadro da Figura 6 indica de que forma o tamanho de uma equipe pode estar relacionado a cada categoria de MNP. Utilizando como base de caracterização a Q4 do questionário do InsignTD, as equipes foram divididas utilizando os seguintes intervalos: menos do que 5 profissionais, entre 5 e 9, entre 10 e 20, entre 20 e 30, e mais do que 30 profissionais. Estes intervalos podem ser adaptados para a realidade específica de uma organização com várias equipes, por exemplo.

Figura 6 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de MNPs em equipes de tamanhos diferentes

Quadro de Pagamento de DT para MNPs								
Equipe	Questões de Qualidade Interna	Metodologia	Planejamento e Gerenciamento	Questões de Desenvolvimento	Pessoas	Organizacional	Falta de Conhecimento	Fatores Externos
<5	7%	7%	29%	0%	14%	43%	0%	0%
5-9	0%	4%	57%	0%	4%	22%	4%	9%
10-20	8%	0%	77%	8%	0%	0%	0%	8%
21-30	0%	0%	44%	0%	0%	56%	0%	0%
>30	18%	9%	55%	0%	0%	18%	0%	0%

Para representar a frequência, foram utilizadas cores diferentes (vermelho, amarelo, verde e branco) associadas a um limiar de frequência (LF) como proposto por Boehm et. al. (1991). A cor branca ($LF \leq 0.0$) indica que a equipe de software nunca considerou os MNPs de uma categoria específica como justificativa para o não pagamento de DT. A cor verde ($0.0 < LF \leq 0.3$) representa uma categoria na qual os seus MNPs foram raramente considerados por uma equipe. O amarelo ($0.3 < LF \leq 0.7$) representa uma categoria na qual os seus MNPs foram utilizados algumas vezes por uma equipe. Por fim, o vermelho ($LF > 0.7$) representa uma categoria na qual os seus MNPs foram utilizados com frequência por uma equipe de software.

A Figura 6 indica que equipes com menos de 10 profissionais e outras com mais de 20 profissionais tendem a apresentar menos MNPs de DT. Equipes compostas por 10 a 20 profissionais apresentaram MNPs da categoria *planejamento e gerenciamento*. Além disso, equipes compostas por mais de 5 profissionais podem aprender com as equipes com menos 5 profissionais em como evitar MNPs da categoria *planejamento e gerenciamento*, uma vez que a presença destes MNPs é consideravelmente rara em equipes pequenas.

De maneira similar, a Figura 7 demonstra o **Quadro de Pagamento de DT para Práticas**. Desta vez, a cor branca ($LF \leq 0.0$) indica que a equipe de software nunca adotou práticas de pagamento de DT de uma categoria específica. O vermelho ($0.0 < LF \leq 0.3$) indica uma categoria na qual suas práticas foram raramente adotadas pela equipe em questão. O amarelo ($0.3 < LF \leq 0.7$) representa uma categoria na qual suas práticas foram adotadas algumas vezes por uma equipe, e o verde ($LF > 0.7$) representa uma categoria na qual suas práticas foram adotadas frequentemente.

Figura 7 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de práticas em equipes de tamanhos diferentes

Quadro de Pagamento de DT para Práticas								
Equipe	Questões de Qualidade Interna	Metodologia	Planejamento e Gerenciamento	Questões de Desenvolvimento	Pessoas	Organizacional	Infraestrutura	Questões de Qualidade Externa
<5	42%	26%	5%	16%	5%	0%	5%	0%
5-9	38%	28%	6%	10%	3%	7%	3%	3%
10-20	31%	34%	13%	16%	3%	0%	3%	0%
21-30	25%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
>30	24%	38%	21%	10%	0%	3%	0%	3%

Equipes compostas de menos de 10 profissionais tem utilizado mais práticas da categoria *questões de qualidade interna*, enquanto equipes com 10 ou mais profissionais tem aplicado práticas de pagamento de DT da categoria *metodologia* com mais frequência. Isso é indicador de que aspectos metodológicos são críticos para equipes maiores em projetos de desenvolvimento de software ágil. Além disso, o quadro sugere que equipes compostas por menos de 10 profissionais podem aprender com outras de 21 a 30 profissionais sobre como pagar itens de DT utilizando práticas da categoria *metodologia*, uma vez que são mais comumente adotadas por estas equipes.

Em outro exemplo de utilização dos quadros, a Figura 8 apresenta um quadro de pagamento de DT com categorias de MNPs para sistemas de diferentes tamanhos. Neste quadro, os dados de tamanhos de sistemas extraídos da Q3 do *survey* foram agrupados por LDC (linhas de código): menos do que 10KLDC, entre 10 e 100KLDC, 100KLDC a 1MLDC, 1 a 10MLDC, e mais do que 10MLDC.

Figura 8 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de MNPs em sistemas de tamanhos diferentes

Quadro de Pagamento de DT para MNPs								
Tamanho do Sistema	Questões de Qualidade Interna	Metodologia	Planejamento e Gerenciamento	Questões de Desenvolvimento	Pessoas	Organizacional	Falta de Conhecimento	Fatores Externos
<10KLDC	0%	18%	55%	0%	0%	18%	0%	9%
10-100KLDC	9%	0%	57%	0%	9%	17%	4%	4%
100KLDC-1MLDC	5%	0%	55%	5%	5%	27%	0%	5%
1-10MLDC	10%	10%	30%	0%	0%	50%	0%	0%
+10MLDC	0%	0%	75%	0%	0%	25%	0%	0%

É possível notar na Figura 8 que os MNPs da categoria *planejamento e gerenciamento* foram utilizados principalmente para justificar o não pagamento da DT em sistemas com mais de 10MLDC. Em sistemas de tamanho 1-10MLDC, os MNPs da categoria *organizacional* foram algumas vezes utilizados para justificar o não pagamento da DT. Em geral, os resultados indicam que questões relacionadas a planejamento e gerenciamento dos projetos são decisivas em cenários de não pagamento da DT, independente do tamanho do sistema (células amarelas e vermelhas do quadro).

A Figura 9 demonstra uma instância de uso do quadro de pagamento de DT com práticas adotadas em sistemas de diferentes tamanhos. As práticas da categoria *questões de qualidade interna* foram adotadas por equipes que trabalham com sistemas de tamanho menor que 10KLDC até 100KLDC, enquanto outras equipes que trabalham com sistemas de 1-10MLDC utilizaram mais as práticas da categoria *metodologia* (células amarelas do quadro).

Figura 9 – Quadro de Pagamento de DT para categorias de práticas em sistemas de tamanhos diferentes

Quadro de Pagamento de DT para Práticas								
Tamanho do Sistema	Questões de Qualidade Interna	Metodologia	Planejamento e Gerenciamento	Questões de Desenvolvimento	Pessoas	Organizacional	Infraestrutura	Questões de Qualidade Externa
<10KLDC	40%	20%	10%	20%	10%	0%	0%	0%
10-100KLDC	48%	26%	4%	11%	4%	4%	4%	0%
100KLDC-1MLDC	26%	33%	0%	22%	4%	4%	7%	4%
1-10MLDC	25%	42%	22%	8%	0%	3%	0%	0%
+10MLDC	33%	33%	22%	0%	0%	0%	0%	11%

Os quadros gerados por diferentes equipes de desenvolvimento podem ficar disponíveis e visíveis entre elas, revelando aquelas que tiveram experiência prévia com o pagamento de itens de DT, permitindo uma troca de experiências e colaboração. Logo, (i) equipes que não tenham experiência com o pagamento de itens de DT poderão aprender com outras que tenham, e (ii) equipes mais experientes neste aspecto poderão descobrir novas estratégias aplicadas por outras equipes, aprimorando suas práticas de pagamento atuais. Além disso, equipes de software poderão utilizar os mapas mentais apresentados nas Figuras 4 e 5 para conceber novos quadros de visualização do pagamento da DT de acordo com o contexto dos seus projetos. Para este objetivo, outras variáveis de projeto podem ser consideradas, fornecendo outros caminhos para visualizar a competência de equipes de desenvolvimento de software ágil no que tange ao pagamento da DT.

4.4 COMPARAÇÃO COM TRABALHOS RELACIONADOS

As categorias de práticas de pagamento de DT encontradas neste trabalho foram comparadas com as reportadas por Behutiye et. al., (2017). A Tabela 5 mostra essa comparação e o grau de sobreposição, e.g., total (todas as práticas das categorias deste estudo foram consideradas em uma categoria de Behutiye et. al., (2017) e vice-versa), parcial (algumas práticas estão presentes neste trabalho, mas não no outro), ou nenhum (quando não há sobreposição). Foi possível observar a confirmação das categorias: *questões de qualidade*

interna, metodologia, e questões de desenvolvimento. Porém, as categorias questões de qualidade externa, planejamento e gerenciamento, pessoas, organizacional, e infraestrutura foram identificadas apenas neste trabalho.

Tabela 5 - Comparação com trabalho relacionado em categorias de práticas de pagamento da DT

Categorias de Práticas deste estudo	Categorias de Behutiye et al. (2017)	Grau de Sobreposição
Questões de qualidade interna	Refatoração	Total
Metodologia	Automação de testes	Parcial
Questões de desenvolvimento	Análise de código	Parcial
Questões de qualidade externa	-	Nenhum
Planejamento e gerenciamento	-	Nenhum
Pessoas	-	Nenhum
Organizacional	-	Nenhum
Infraestrutura	-	Nenhum

Os MNPs reportados neste estudo também foram comparados com outro trabalho, desta vez executado por Bomfim Jr e Santos (2017). A Tabela 6 mostra a comparação, revelando que apenas dois MNPs foram encontrados nos dois estudos.

Tabela 6 - Comparação com trabalho relacionado em categorias de MNPs da DT

MNPs deste estudo	MNPs de Bomfim Jr e Santos (2017)
Complexidade do projeto	Receio de eventual impacto em alguns módulos dos sistemas em virtude do desconhecimento geral da equipe sobre todo o código, dificultando uma análise profunda de impacto
-	Falta de cobertura de testes ou excesso de testes manuais
Esforço	Baixo impacto para o negócio e alto esforço
Outros 15 identificados	-

Por fim, este estudo estendeu o trabalho realizado por Freire et. al., (2021a) incluindo o ponto de vista dos profissionais agilistas sobre a possibilidade de pagar itens de DT, as categorias de práticas e MNPs, e a organização deles em quadro de visualização e pagamento da DT. Em resumo, os achados deste estudo complementam e estendem o conjunto de informações reportadas previamente na literatura técnica.

4.5 AMEAÇAS À VALIDADE

Durante a execução deste estudo, foram identificadas algumas ameaças a sua validade (WOHLIN et. al., 2012). Essas ameaças foram eliminadas ou mitigadas para reduzir o seu impacto geral no trabalho.

Do ponto de vista da validade da construção, uma ameaça surge do questionário realizado previamente pelo projeto InsignTD. Como o questionário foi respondido remotamente

pelos profissionais participantes, eles poderiam não entender corretamente as questões abordadas. Para reduzir essa ameaça, uma série de validações (internas e externas) e um estudo piloto foram performados antes da execução do questionário (RIOS et. al., 2020).

No que diz respeito a validade externa do estudo, ela foi mitigada através da forma como o InsignTD foi concebido, direcionado a profissionais da indústria de software ocupando diferentes papéis nas equipes, assim como a diferentes tipos de organizações, tamanhos de equipe, e países. No entanto, não é possível afirmar o quão generalizável os resultados apresentados aqui são, uma vez que não há uma métrica que defina a representatividade da amostra deste estudo. Isso acontece devido a ausência de dados empíricos que caracterizem toda a população.

Com relação a validade das conclusões, o processo de codificação, por exemplo, pode ser colocado como a principal ameaça em virtude da sua natureza subjetiva. Para reduzir potenciais efeitos negativos, três pesquisadores trabalham em diferentes papéis neste processo: identificador do código, revisor do código, e um arbitro. Enquanto o identificador do código e revisor eram responsáveis por extrair e revisar os códigos, respectivamente, o arbitro era um pesquisador experiente responsável em resolver eventuais discordâncias entre o identificador do código e o revisor durante o processo. Por fim, parte dos dados aqui utilizados podem ser considerados antigos diante da análise de alguns, mas as práticas de pagamento e MNPs da DT estão relacionados ao “o que” e não ao “como”. Por exemplo, a prática refatoração de código (o “o que”) pode ser adotada de diferentes maneiras (o “como”), tais como através do uso de ferramentas externas de refatoração automatizada ou fazendo pequenas mudanças no código. Portanto, a prática pode permanecer atualizada independentemente da forma como é aplicada nos projetos. De forma semelhante, um MNPs da DT, tal como a decisão de um cliente (o “o que”), pode ter múltiplas origens diferentes (o “como”).

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou os resultados deste trabalho de dissertação, descrevendo todo o processo de análise dos dados e a consequente geração de artefatos. No capítulo seguinte serão apresentadas as considerações finais desta dissertação, destacando as principais contribuições e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 5 – Considerações Finais

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre este trabalho de dissertação, destacando as suas principais contribuições e indicações de trabalhos futuros.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou o estado da prática da atividade de pagamento da DT em projetos que adotam metodologias ágeis, revelando as práticas utilizadas para eliminar ou atenuar a dívida e os MNPs ponderados para justificar o não pagamento de itens da DT. As práticas e MNPs identificados foram agrupados em categorias e organizados em quadros de visualização e apoio a atividade de pagamento da DT. Os quadros podem apoiar profissionais de software no compartilhamento das suas experiências com as práticas adotadas e os MNPs relatados por suas equipes.

Além disto, este estudo reportou que, no contexto de projetos de desenvolvimento de software ágil, as práticas para pagamento da DT estão mais comumente associadas questões de metodologia e desenvolvimento de software. Em contrapartida, os MNPs estão normalmente associados a aspectos de planejamento e gerenciamento dos projetos de desenvolvimento de software.

5.2 CONTRIBUIÇÕES

Profissionais da indústria de software poderão utilizar os mapas mentais (Figuras 4 e 5) como um guia para identificar (i) práticas de pagamento da DT que possam ser implementadas em seus projetos ou (ii) MNPs para criar um cenário mais favorável ao pagamento da DT. Além disso, os mapas mentais podem ser úteis tanto para os profissionais com experiência no pagamento da DT quanto para aqueles que ainda estão dando seus primeiros passos nessa atividade do GDT. Como cada prática e MNP possuem as indicações do quão frequentemente foram utilizados, equipes inexperientes poderão levar em consideração essa informação quando tiverem de escolher as práticas mais adequadas para a sua realidade ou no processo de identificação dos motivos que eventualmente possam dificultar o uso dessas práticas em seus

projetos. Em contrapartida, equipes de desenvolvimento de software ágil com experiência no pagamento da DT podem descobrir novas práticas e MNPs.

É importante mencionar que as porcentagens apresentadas neste estudo não indicam que determinada prática em questão é a melhor ou um MNP específico é o mais crítico para projetos em geral. Certamente cada projeto tem o seu próprio contexto e, portanto, a conjuntura da organização é parte importante do processo decisório de adotar uma prática ou considerar um MNP. Ainda assim, as porcentagens continuam provendo uma informação valiosa pois refletem o atual estado da prática.

Além disso, a utilização do quadro de pagamento da DT pode aumentar a capacidade de equipes que adotam o desenvolvimento de software ágil em permutar suas experiências e colaborador entre si. Por exemplo, equipes sem experiência prévia com a atividade de pagamento da DT podem aprender a partir da interação com equipes mais experientes. Algumas equipes podem aprender novas práticas ou a como lidar melhor com o MNPs a partir de outras que já tenham aplicado essas práticas ou reduzido a presença e impacto de MNPs.

Por fim, pesquisadores podem utilizar nossos achados para direcionar seus esforços de pesquisas a partir do estado da prática do pagamento da DT em projetos que adotam metodologias ágeis. Os resultados apresentados nesta dissertação foram reportados em um artigo publicado em 2022:

- SOARES, G.; FREIRE, S.; RIOS, N.; PEREZ, B., CASTELLANOS, C., CORREAL, D., MENDONÇA, M., IZURIETA, C., SEAMAN, C., AND SPÍNOLA, R.. Investigating how Agile Software Practitioners Repay Technical Debt in Software Projects. In the 21th Brazilian Symposium on Software Quality (SBQS), 2022, Brazil

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Os próximos passos deste trabalho incluem (i) considerar mais dados oriundos de outras replicações do projeto InsignTD com o objetivo de aumentar a validade externa do estudo, (ii) avaliar a aplicação prática dos quadros de pagamento de DT na indústria de software em termos da sua capacidade de apoiar iniciativas de pagamento da DT de forma geral, (iii) comparar com resultados de estudos que aprofundem a análise utilizando outras metodologias de

desenvolvimento, e (iv) analisar a relação entre os achados deste estudo (práticas e MNPs da DT) e os tipos de DT relatados na literatura.

REFERÊNCIAS

- ALLMAN, Eric. Managing technical debt: shortcuts that save money and time today can cost you down the road. **Queue**, v. 10, n. 3, p. 10-17, 2012.
<https://doi.org/10.1145/2168796.2168798>
- ALVES, Nicole; MENDES, Tiago; MENDONÇA, Manuel; SPÍNOLA, Rodrigo; SHULL, Forrest ;SEAMAN, Carolyn. Identification and management of technical debt: A systematic mapping study. **Information and Software Technology**, v. 70, p. 100-121, 2016.
- APA, Cecilia; JERONIMO, Helvio; NASCIMENTO, Luciana; VALLESPIR, Diego; TRAVASSOS, Guilherme. The perception and management of technical debt in software startups. *In*: NGUYEN-DUC A.; MÜNCH J.; PRIKLADNICKI R.; WANG X.; ABRAHAMSSON P. (eds) **Fundamentals of software startups**. [s.l.]: Springer, Cham. 2020.
- APA, Cecilia; SOLARI, Martin; VALLESPIR, Diego; TRAVASSOS, Guilherme. A Taste of the Software Industry Perception of Technical Debt and its Management in Uruguay: A survey in software industry. *In*: ACM / IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT (ESEM), 14., 2020. New York, NY, USA, **Proceedings** [...] New York, NY, USA : ACM, 2020.
- BEHUTIYE, N.; RODRÍGUEZ, P.; OIVO, M.; TOSUN, A. Analyzing the concept of technical debt in the context of agile software development: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 82, p. 139-158, 2017.
- BOEHM, Barry. Software risk management: principles and practices. **IEEE software**, v. 8, n. 1, p. 32-41, 1991.
- BOMFIM JR, M.; SANTOS, V. 2017. Strategies for Reducing Technical Debt in Agile Teams. *In*: SILVA DA SILVA, T.; ESTÁCIO, B.; KROLL, J.; MANTOVANI FONTANA R. (eds). **Agile Methods**. WBMA 2016. Communications in Computer and Information Science, v. 680. Springer, Cham, 2017.
- BROWN, N.; CAI, Y.; GUO, Y.; KAZMAN, R.; KIM, M.; KRUCHTEN, P.; ZAZWORKA, N. Managing Technical Debt in Software-Reliant Systems. *In*: FSE/SDP WORKSHOP ON FUTURE OF SOFTWARE ENGINEERING RESEARCH, 2010. Santa Fe, NM. **Paper** [...] 2010.
- CUNNINGHAM, Ward. 1992. "The WyCash Portfolio Management System." **ACM SIGPLAN OOPS Messenger**, v. 4, n. 2, p. 29-30, 1992. doi:10.1145/157710.157715.
- FREIRE, Freire; RIOS, Nicolli; GUTIERREZ, Boris; TORRES, Darío; MENDONÇA, Manoel; IZURIETA, Clemente; SEAMAN, Carolyn; SPÍNOLA, Rodrigo. Surveying Software Practitioners on Technical Debt Payment Practices and Reasons for not Paying off Debt Items. *In*: THE EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING (EASE '20). 2020. **Proceedings** [...], New York, NY, USA: ACM, p.210–219, 2020.
- FREIRE, Sávio; RIOS, Nicolli; PÉREZ, Boris; CASTELLANOS, Camilo; CORREAL, Dario; RAMAC, Robert; MANDIC, Vladimir; TAUŠAN, Nebojša; PACHECO, Alexia; LÓPEZ, Gustavo; MENDONÇA, Manoel; IZURIETA, Clemente; FALESSI, Davide;

SEAMAN, Carolyn; SPÍNOLA, Rodrigo. "Pitfalls and Solutions for Technical Debt Management in Agile Software Projects," **IEEE Software**, v. 38, n. 6, p. 42-49, 2021. doi: 10.1109/MS.2021.3101990.

FREIRE, Sávio; RIOS, Nicolli; PÉREZ, Boris; TORRES, Dário; MENDONÇA, Manoel; IZURIETA, Clemente; SEAMAN, Carolyn; SPÍNOLA, Rodrigo. How do technical debt payment practices relate to the effects of the presence of debt items in software projects? *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ANALYSIS, EVOLUTION AND REENGINEERING (SANER 2021)*, 2021. Honolulu, USA. **Proceedings** [...] 2021. 2021b. p. 605-609

GUO, Y; SEAMAN, C., A portfolio approach to technical debt management. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MANAGING TECHNICAL DEBT (MTD'11)*, 2., 2012. Honolulu, HI, USA. **Proceedings** [...] 2012. Honolulu, HI, USA: ACM, Waikiki, 2011, p. 31–34.

KRUCHTEN, P.; NORD, L.; OZKAYA, I. **Managing Technical Debt: Reducing Friction in Software Development**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2019.

KURAPATI, Narendra; MANYAM, Venkata; PETERSEN, Kai. Agile software development practice adoption survey. *In: AGILE PROCESSES IN SOFTWARE ENGINEERING AND EXTREME PROGRAMMING: INTERNATIONAL CONFERENCE*, 13., XP 2012, Malmö, Sweden. **Proceedings** [...] 2012. p. 16-30.

LI, Zengyang; AVGERIOU, Paris; LIANG, Peng A systematic mapping study on technical debt and its management. **Journal of Systems and Software**, v. 101, p. 193-220, 2015. doi:10.1016/j.jss.2014.12.027

MCCONNELL, Steve. **Managing Technical Debt | Construx [WWW Document]** 2008. Disponível em: <https://www.construx.com/resources/whitepaper-managing-technical-debt/> Acesso em: 5 dez. 2022.

PAREDES, Julia; ANSLOW, Craig; MAURER, Frank. "Information visualization for agile software development." *In: IEEE WORKING CONFERENCE ON SOFTWARE VISUALIZATION*, 2., 2014. **Proceedings** [...] 2014.

PROJETO INSIGHTD. Disponível em: <http://www.td-survey.com/project-info/> Acesso em: 10 nov. 2022.

PÉREZ, Bóris; CASTELLANOS, Camilo; CORREAL, Dário; RIOS, Nicolli; FREIRE, Sávio; SEAMAN, Carolyn; SPÍNOLA, Rodrigo. What are the practices used by software practitioners on technical debt payment? Results from an international family of surveys. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNICAL DEBT (TECHDEBT)*. 2020. New York. **Proceedings** [...] New York, NY, USA: ACM, p. 103–112, 2020.

PÉREZ, Bóris; CASTELLANOS, Camilo; CORREAL, Dário; RIOS, Nicolli; FREIRE, Sávio; SPÍNOLA, Rodrigo; SEAMAN, Carolyn; IZURIETA, Clemente. Technical debt payment and prevention through the lenses of software architects. **Information and Software Technology**, v. 140, p. 106692, 2021.

RAMAČ, Robert; MANDIC, Vladimir; FREIRE, Sávio; PÉREZ, Boris; CASTELLANOS, Camilo; CORREAL, Dário; TAUŠAN, Nebojša; RIOS, Nicolli; PACHECO, Alexia; LÓPEZ, Gustavo; IZURIETA, Clemente; SEAMAN, Carolyn; SPÍNOLA, Rodrigo. Prevalence,

common causes and effects of technical debt: Results from a family of surveys with the IT industry. **Journal of Systems and Software**, v. 184, p. 111114, 2021.

RIOS, Nicolli; MENDONÇA, Manoel; SPÍNOLA, Rodrigo, “A Tertiary Study on Technical Debt: Types, Management Strategies, Research Trends, and Base Information for Practitioners.” **Information and Software Technology**, v.102, p.117-145, 2018a.

RIOS, Nicolli; SPÍNOLA, Rodrigo; MENDONÇA, Manoel ; SEAMAN, Carolyn. The most common causes and effects of technical debt: first results from a global family of industrial surveys. 1-10. 10.1145/3239235.3268917. *In: ACM/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT*, 12., 2018. **Proceedings** [...] 2018. p. 1-10.

RIOS, Nicolli; SPÍNOLA, Rodrigo; MENDONÇA, Manoel; SEAMAN, Carolyn. The practitioners' point of view on the concept of technical debt and its causes and consequences: a design for a global family of industrial surveys and its first results from Brazil. **Empirical Software Engineering**, v. 25, n. 5, p. 3216-3287, 2020.

ROSSER, Larri; NORTON, John. A Systems Perspective on Technical Debt. *In: IEEE AEROSPACE CONFERENCE*, 2021. **Proceedings** [...] 2021.

RUK, S; KHAN, M; KHAN, S.; ZIA, S, "A survey on Adopting Agile Software Development: Issues & Its impact on Software Quality.th *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING TECHNOLOGIES AND APPLIED SCIENCES (ICETAS)*, 6., 2019, **Proceedings** [...]2019, p. 1-5. doi: 10.1109/ICETAS48360.2019.9117324.

SAMARTHYAM, Ganesh; MURALIDHARAN, Mahesh; ANNA, Raghu. Understanding Test Debt. *In: MOHANTY H.; MOHANTY J.; BALAKRISHNAN A. (eds) Trends in Software Testing*. Singapore: Springer, 2017.

SANTOS, Paulo; VARELLA, Amanda; DANTAS, Cristine; BORGES, Daniel Visualizing and Managing Technical Debt in Agile Development: An Experience Report. *In: BAUMEISTER, H.; WEBER, B. (eds) Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming*. XP. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 149. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2013.

SEAMAN, Carolyn. Qualitative methods in empirical studies of software engineering. **IEEE Transactions on software engineering**, v. 25, n. 4, p. 557-572, 1999.

SEAMAN, Carolyn; GUO, Yuepu. Measuring and monitoring technical debt. *In: _____*. **Advances in Computers**. [S.l.]: Elsevier, p. 25-46, 2011.

SPÍNOLA, Rodrigo; ZAZWORKA, Nico; VETRÒ, Antonio; SHULL, Forrest; SEAMAN, Carolyn. Understanding automated and human based technical debt identification approaches: a two-phase study. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 25, n. 1, p. 1-21, 2019.

STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. **Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory**. [S.l.]: Sage Publications, 1998.

WOHLIN, Claes; RUNESON, Per; HÖST, Martin; OHLSSON, Magnus; REGNELL, Björn; WESSLÉN, Anders. **Experimentation in Software Engineering: an introduction**. Springer. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

YANG, Y.; e BOODRAJ, M. Managing Code Debt in Open Source Software Development Projects: A Digital Options Perspective. *In: AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 2020. Paper [...]* 2020. Virtual Conference.

YLI-HUUMO, Jess; MAGLYAS, Andrey; SMOLANDER, Kari. How do software development teams manage technical debt? – An empirical study. **Journal of Systems and Software**, v. 120, p. 195-218, 2016.