

# Elaboração e Avaliação de um Catálogo de Requisitos Não-Funcionais Críticos em um Contexto de Domínio de Aplicação de Diplomas Digitais

Vitor Luiz Caldeira Gilnek, Victor A. Santander

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)  
CEP 85819-110 – Cascavel – PR – Brasil  
[vitor.gilnek, victor.santander@unioeste.br]

**Abstract.** Nos últimos anos, o Ministério da Educação do Brasil instituiu a implementação do Diploma Digital nas instituições de educação superior (IES), com o intuito de modernizar o processo de documentações acadêmicas e proporcionar maior segurança para registro e emissão de diplomas, evitando fraudes. Ao se tratar deste tipo de projeto de software, há a preocupação em definir, implementar e gerenciar requisitos não funcionais (RNFs) críticos para garantir a segurança e validade dos Diplomas Digitais, de acordo com as leis e padrões estabelecidos. O levantamento de um catálogo de RNFs críticos seria útil para auxiliar universidades interessadas a desenvolver seu próprio sistema, além de fornecer orientação para o desenvolvimento do software da UNIOESTE, reduzindo custos para as partes envolvidas. O objetivo principal desta pesquisa é elaborar e avaliar um catálogo de requisitos não funcionais críticos para o domínio do Diploma Digital, utilizando o NFR Framework.

**Keywords:** Software Engineering, Non-Functional Requirements, NFR Framework, Requirements Engineering, Digital Security, Digital Diploma.

## 1 Introdução

O Ministério da Educação em 5 de abril de 2018, instituiu o Diploma Digital por meio da Portaria nº 330, onde as instituições de educação superior (IES) que compõem o Sistema Federal de Ensino deveriam implementá-la, sendo que ele, deverá obedecer a mesma legislação federal vigente, que regula a emissão e o registro de diplomas de cursos superiores de graduação [1].

O Diploma Digital dos cursos superiores de graduação do Brasil, nada mais é do que documentos com emissão, armazenamento e existência totalmente digital, de forma a prover uma digitalização dos documentos acadêmicos, reforçando a segurança destes de maneira a dificultar fraudes relativas a este tipo de documento, gerando economia no tempo e custo do serviço, ao mesmo tempo em que desburocratiza o processo de geração e emissão do diploma, carregando consigo a mesma validade jurídica do documento físico [2].

Este, por sua vez, tem sua validade jurídica assegurada possuindo carimbo de tempo e assinatura com certificação digital na Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP- Brasil), respeitando os parâmetros estabelecidos pelo Padrão Brasileiro de Assinaturas Digitais [3]. Contudo, este tipo de sistema possui requisitos funcionais bastante estáveis, mas requisitos não funcionais críticos ainda pouco explorados de forma mais sistemática.

A definição e tratamento adequado de requisitos não funcionais é uma preocupação da engenharia de software e particularmente da engenharia de requisitos. Requisitos não funcionais (RNFs) são requisitos que restringem ou condicionam os requisitos funcionais. Exemplos de alguns destes requisitos são usabilidade, manutenibilidade, confiabilidade, desempenho, portabilidade, reusabilidade e segurança [4].

Os RNFs são reconhecidos como uma contribuição muito importante para o sucesso do desenvolvimento de um projeto de software, já que, caso não sejam tratados de maneira adequada, isso potencialmente poderá acarretar diversos problemas, como inconsistências e baixa qualidade de produto, gerando grande insatisfação de usuários como também desenvolvedores, ocasionando em um gasto tanto de tempo, quanto monetário para que se corrija este problema [5].

Particularmente, em projetos de software para apoiar a emissão e gerenciamento de diplomas digitais, existe a preocupação em definir, implementar e gerenciar os RNFs críticos para esses sistemas, já que estes estão diretamente atrelados a segurança e validade dos Diplomas Digitais, estes que por sua vez, tem leis rigorosas que regem e ditam os padrões de desenvolvimento e como estes devem seguidos.

Infelizmente nem todas as universidades possuem prerrogativa para poderem registrar seus próprios diplomas, e algumas muito menos, possuem recursos suficientes para que consigam comprar um software que permita a emissão. Um levantamento de um catálogo permitiria com que, universidades ou faculdades interessadas, obtivessem um auxílio ao desenvolver o seu próprio sistema, como também auxiliaria a desenvolver o software da UNIOESTE, que prestaria um serviço para emissão e registro a um preço com menos custos às interessadas.

O objetivo principal da pesquisa é elaborar um catálogo de RNFs críticos para o domínio do Diploma Digital, utilizando princípios do NFR *framework* [4]. Este catálogo também deve contemplar, além dos RNFs, métodos para operacionalização destes requisitos, juntamente com a definição dos *tradeoffs* existentes. O catálogo será validado considerando os diferentes *stakeholders* envolvidos bem como utilizando técnicas da engenharia de software experimental.

## 2 Referencial Teórico

No âmbito da área de Engenharia de Software, os RNFs são definidos como atributos de qualidade de um sistema ou software que não estão relacionados com a funcionalidade do software, mas com outros aspectos, como desempenho, usabilidade, segurança, confiabilidade, entre outros [6].

Para a especificação, análise e validação de RNFs, o NFR Framework se demonstra um método adequado, pois define a taxonomia para classificação de RNFs em uma

linguagem formal para a representação gráfica destes requisitos [7], sendo amplamente utilizado em projetos de engenharia de software como uma forma de melhorar a especificação, análise e validação de requisitos não funcionais [8].

A utilização desse *framework* permitirá uma maior clareza e precisão na definição de RNFs e suas operacionalizações bem como uma melhor comunicação entre as partes interessadas no projeto. Também será possível investigar influências positivas e negativas entre os RNFs e operacionalizações, permitindo à equipe de desenvolvimento de sistemas de diplomas digitais, realizar melhores escolhas para satisfazer esses requisitos.

Referente ao Diploma Digital, este por sua vez é o diploma que tem sua existência, emissão e armazenamento inteiramente no meio digital, e cuja validade jurídica é feita por assinaturas com certificação digital e carimbo de tempo na ICP-Brasil, e seguindo os parâmetros do PABD (Padrão Brasileiro de Assinaturas Digitais), no formato *Extensible Markup Language* (XML) [9] com a assinatura do padrão XAdEs [10], permitindo assim a guarda a longo prazo [11]. Entretanto, a identificação e tratamento dos RNFs críticos para esse tipo de sistema, ainda é um desafio. Esta é a principal motivação deste projeto.

### 3 Metodologia e Estado Atual do trabalho

A metodologia deste trabalho foi dividida e estruturada da seguinte forma:

- 1- Revisão Bibliográfica: Inicialmente será realizada uma busca por estudos técnicos e científicos com um intuito de obter um aprofundamento maior sobre o assunto. Para isso, se vislumbra a realização de uma revisão sistemática da literatura (RSL) [17] sobre o tema, considerando como base as questões de pesquisa abaixo definidas. O restante do protocolo será definido no progresso do trabalho.
  - Quais são os RNFs críticos no domínio de aplicações de sistemas de diplomas digitais?
  - Os RNFs críticos nesse domínio possuem *tradeoffs* e operacionalizações já conhecidos?
  - O que a legislação associada ao domínio de aplicações de sistemas de diplomas digitais relata sobre RNFs nesses sistemas?
  - Como a mutabilidade na legislação associada ao domínio de aplicações de sistemas de diplomas digitais pode afetar a satisfação dos RNFs críticos?
  - Quais são as principais limitações, oportunidades e desafios no domínio de aplicações de sistemas de diplomas digitais?
- 2- Estudo sobre técnicas de Engenharia de software: Nesta etapa do projeto, serão estudadas técnicas da engenharia de software que podem ser utilizadas tanto para a definição do catálogo quanto para a validação do mesmo. Neste contexto, será realizado um estudo aprofundado do NFR Framework [4] bem como da

abordagem ATAM (*Architecture tradeoff analysis method*) [21], entre outros. Não menos importante, serão realizados estudos relacionados às diversas técnicas propostas na engenharia de software experimental visando a escolha de algumas destas para utilizar no processo de validação do catálogo.

- 3- Investigar os RNFs: Com o conhecimento adquirido nas etapas anteriores, será possível apontar os RNFs críticos relevantes para o projeto de Diplomas Digitais, e assim estes serão identificados e investigados, de forma que sirvam de base para a criação do catálogo proposto.
- 4- Criação do catálogo: Nesta etapa, tendo os RNFs identificados, será criado o catálogo de requisitos que irá definir as correlações entre estes como também métodos de operacionalização destes requisitos através do uso do NFR framework [4].
- 5- Avaliação dos catálogos: Como última etapa do trabalho, será avaliado o catálogo criado e verificado se este permitem realizar escolhas viáveis na satisfação dos RNFs críticos identificados para este domínio. Para esse fim, será definido quais abordagens propostas na engenharia de software experimental [16] são mais adequadas para validação do catálogo proposto. Entre as técnicas passíveis de escolha podemos destacar *Survey*, Estudo de Caso e experimento. Para apoiar e definir o processo de experimentação, será utilizada a abordagem proposta em [20].

O trabalho se encontra em estágio inicial, de forma que ainda estão em discussão os possíveis caminhos a serem tomados para a criação dos catálogos. Vale ressaltar que dentro da metodologia também estão sendo tratadas outras ideias importantes como por exemplo, identificação de stakeholders relevantes que poderão ser impactados pelos RNFs do projeto, já que estes poderão vir a ajudar a identificar as necessidades específicas e garantir que estas sejam consideradas durante o desenvolvimento.

Além dos trabalhos acadêmicos, outras fontes de dados estão sendo consideradas, como pesquisas de mercado, entrevistas com especialistas do domínio de diplomas, levantamento de dados em empresas e universidades que já implementaram o Diploma Digital.

Também serão consideradas técnicas de elicitación de requisitos, como entrevistas, questionários e workshops já que estas irão ajudar na obtenção de informações mais detalhadas e precisas sobre os RNFs, de forma que, para criar o catálogo, seja possível envolver a maior quantidade e variedade de stakeholders interessados nesse domínio de aplicação. Cabe ressaltar que o feedback dado por especialistas tanto do domínio de Diplomas Digitais, quanto da Engenharia de Software e demais stakeholders, será decisivo para elaborar e validar catálogo de RNFs úteis para todos os envolvidos.

É importante ressaltar que o autor da dissertação está envolvido no processo de desenvolvimento de um sistema de registro, emissão e armazenamento de diplomas digitais. Até o presente momento, o mesmo tem iniciado estudos sobre os RNFs críticos referentes ao sistema de Diplomas da Unioeste, com enfoque principal na área de registro de diplomas, já que a universidade necessita prestar esse serviço para outras instituições de ensino. Em uma primeira análise, é possível indicar a segurança como um RNF crítico no que tange ao registro desses diplomas.

Diversos aspectos associados à segurança e, mais especificamente, à garantia da validade do registro gerado, são cruciais e preocupação constante dos diversos stakeholders envolvidos. É importante ressaltar que já existem algumas propostas para tratar alguns destes aspectos, como adotar diversas camadas de segurança, que por sua vez buscam assegurar a validade dos assinadores, usando de estratégias como carimbo de tempo e assinaturas digitais criptografadas que seguem padrões estabelecidos pelo Ministério da Educação. Entretanto, há pouca clareza na definição e satisfação dos RNFs críticos desses sistemas.

Quais são os RNFs críticos, como refiná-los, como satisfazê-los, sob quais perspectivas, como determinadas escolhas de projeto e implementação podem afetar positivamente e negativamente os RNFs críticos, são perguntas que motivam a realização deste projeto.

## 4 Trabalhos Relacionados

Existem outros trabalhos que também abordam a criação de catálogos para o levantamento de requisitos não funcionais em outros contextos, como por exemplo, o trabalho intitulado “Um Catálogo de Requisitos Não-Funcionais e Padrões Arquiteturais para Microsserviços” descrito em [12], no qual apresenta-se um catálogo que permite observar RNFs críticos e potenciais operacionalizações (padrões arquiteturais) no âmbito de evolução de sistemas monolíticos para uma arquitetura de microsserviços.

Outro trabalho intitulado “Requisitos Não-Funcionais de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos” [18], apresenta uma abordagem focada no aspecto crítico da confiança. Considera este aspecto como um RNF a ser satisfeito para contribuir com a qualidade de um *Socially Assistive Robot (SAR)*. Realiza um levantamento de requisitos de confiança para este tipo de sistema, elabora e valida um catálogo considerando esses requisitos. O catálogo é validado com especialistas e engenheiros de requisitos que consideraram este artefato útil, de fácil entendimento, apresentando uma boa abrangência em relação aos requisitos não funcionais de confiança no domínio da SARs.

O trabalho intitulado “NFR4ES: Um Catálogo de Requisitos Não-Funcionais para Sistemas embarcados” [19], também corrobora com a ideia de que a elaboração de catálogos de RNFs ajudam a organizar, elicitar e especificar requisitos até mesmo na área de sistemas embarcados. Desta forma, estes trabalhos demonstram que catálogos de RNFs utilizando o *NFR Framework*, ajudam a elicitar e especificar esse tipo de requisito, auxiliando na identificação de problemas e melhores práticas para o desenvolvimento de um sistema, em diferentes domínios.

No âmbito de sistemas de Diploma Digital, existem diversos trabalhos, principalmente relacionados à segurança [13][14], mas também com propostas de criação de ambientes referentes a emissão e registro [15], apresentando informações importantes para o levantamento dos RNFs críticos e, também, de possíveis caminhos a serem tomados durante o desenvolvimento do projeto.

## 5 Considerações Finais

Este trabalho teve sua concepção de ideia inicial em fevereiro de 2023, tornando-se base para a elaboração da dissertação de mestrado do autor Vitor Luiz Caldeira Gilnek dentro do programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da UNIOESTE, sendo esperado que esta pesquisa seja finalizada até o segundo semestre de 2024.

### 5.1 Contribuições Esperadas

Tem-se como principal contribuição esperada, a realização de um levantamento, documentação, elaboração e validação dos requisitos não funcionais no contexto do domínio de aplicações de Diplomas Digitais, utilizando a abordagem NFR *Framework*, associada com outras técnicas de engenharia de software como o próprio ATAM para a investigação destes RNFs.

O catálogo desenvolvido será utilizado para auxiliar no desenvolvimento do projeto de emissão e registro de diplomas digitais, com o intuito de atender as IES interessadas nesse registro junto à UNIOESTE, como também o uso interno na própria universidade. Também o catálogo elaborado poderá ser utilizado por outras equipes de desenvolvimento e demais *stakeholders* envolvidos neste tipo de sistema.

## Referências

1. Diário Oficial da União. Portaria N° 330, de 5 de abril de 2018. Dispõe sobre a emissão de diplomas em formato digital nas instituições de ensino superior pertencentes ao sistema federal de ensino, [http://portal.mec.gov.br/diplomadigital/arquivos/portaria\\_MEC\\_330\\_5.4.2018.pdf](http://portal.mec.gov.br/diplomadigital/arquivos/portaria_MEC_330_5.4.2018.pdf), Último Acesso em: 01 de maio de 2023.
2. Ministério da Educação. Portal MEC, <http://portal.mec.gov.br/diplomadigital>, Último Acesso em: 01 de maio de 2023.
3. Diário Oficial da União. Portaria N° 554, de 11 de março de 2019. Dispõe sobre a emissão e o registro de diploma de graduação, por meio digital, pelas Instituições de Ensino Superior – IES pertencentes ao Sistema Federal de Ensino
4. Chung, L. et al. *Non-Functional Requirements in Software Engineering*, Kluwer Academic Publishers (2000).
5. Zowghi, D., Mairiza, D., Nurmuliani N., An investigation into the notion of non-functional requirements. University of Technology Sydney (2010).
6. Sommerville, I., Engenharia de software, Pearson Education do Brasil (2019).
7. Chung, L., Nixon, B. A., Yu, E., Mylopoulos, J., *On Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers. (2000).
8. Easterbrook, S., Singer, J., Storey, M. A., & Damian, D., *Selecting Empirical Methods for Software Engineering Research. Guide to Advanced Empirical Software Engineering* (2008).
9. W3C, *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)*, <https://www.w3.org/TR/REC-xml/Overview.html>, Último Acesso em: 10 de maio de 2023.
10. W3C, *XML Advanced Electronic Signatures*, <https://www.w3.org/TR/XAdES/>, Último Acesso em: 13 de maio de 2023.

11. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Superior, Nota Técnica No. 13/2019/DIFES/SESU/SESU, Versão 1.0 (2019).
12. Veronez, M., Um Catálogo de Requisitos Não-Funcionais e Padrões Arquiteturais para Microsserviços, <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6215>, 2022.
13. Gomes F. O., Agostinho B. M., Martina J. E., *Fraud Prevention Within the Brazilian Governmental Public-Key Infrastructure*, In: 2020 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI), Arlington, VA, USA (2020).
14. Gomes F., Agostinho B., Baldisera J., Silveira R., Martina J., "Detecção de Fraudes na Emissão de Certificados Digitais dentro da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira", In: Anais do XX Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais, Petrópolis (2020).
15. Santos R., Transformação digital no processo de emissão de diplomas: arquétipo de uma plataforma de processos de negócios digitais norteado pelas portarias 330, 1.095 e 554 do MEC, <http://hdl.handle.net/1843/38169> (2022).
16. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M.C., Regnell, B. & Wesslén, A., *Experimentation in Software Engineering*; Springer (2012).
17. Kitchenham, B., Charters S., *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*, Vol 2.3 EBSE Technical Report, EBSE-2007-01, *Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics*, Keele University, Keele, UK (2007).
18. Costa, L., R., Castro, J., Kelner, J., Lencastre, M., Requisitos de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos, In: Workshop de Engenharia de Requisitos (WER) (2022).
19. Silva, R., Castro, J., Pimentel, J., NFR4ES: Um Catálogo de Requisitos Não-Funcionais para Sistemas embarcados, In: Workshop de Engenharia de Requisitos (WER) (2021).
20. Shull, F., Carver, J., Travassos, G. H., An empirical methodology for introducing software processes (2001)
21. Kazman, R., Klein, M., & Clements, P., *ATAM: Method for Architecture Evaluation*. CMU/SEI-2000-TR-004. *Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University*, <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=5177> (2000).