

Modelo para Amparar o Desenvolvimento de Protótipos de Sistemas IoT

Eduarda Maganha de Almeida^{1,2}

¹Departamento de Informática - Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Código Postal - 82590-300 - Curitiba - PR - Brasil

²Departamento de Computação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Código Postal - 86300-000 - Cornélio Procópio - PR - Brasil

eduardamaganha@ufpr.br

Abstract. *The term Internet of Things describes an environment where billions of objects are connected to the Internet and interact autonomously. However, there are challenges in the development of these systems. The different perceptions of those involved and the different use of computing resources can make requirements inconsistent. Thus, the need for a prototyping model that supports the processes of elicitation, analysis and visualization of the requirements of these systems is characterized. This article reports a research that seeks to support the development of prototypes of IoT systems. The model reflects a framework for designing and visually modeling requirements using Socially Conscious Design and Extended Reality.*

Resumo. *O termo Internet das Coisas descreve um ambiente onde bilhões de objetos são conectados à Internet e interagem autonomamente. Entretanto, existem desafios no desenvolvimento destes sistemas. As diferentes percepções dos envolvidos e o uso distintos de recursos computacionais podem tornar os requisitos inconsistentes. Dessa forma, caracteriza-se a necessidade de um modelo de prototipação que ampare nos processos de elicitação, análise e visualização dos requisitos desses sistemas. Este artigo relata uma pesquisa, que busca amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT. O modelo reflete uma estrutura de trabalho, para concepção e modelagem visual dos requisitos, com o uso do Design Socialmente Consciente e Realidade Estendida.*

1. Introdução

O processo de produção passou por mudanças para enfrentar os mercados dinâmicos. As modificações refletem a maneira como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam, é caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias digitais com o intuito de gerar novos produtos de forma rápida e eficaz [Zabadal and de Castro 2017]. Destacam-se como componentes que envolvem essas modificações, Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), Inteligência Artificial, *Big Data*, Realidades virtuais e aumentada, e demais componentes.

Neste escopo, IoT ganhou espaço para além dos ambientes produtivos, como indústrias e escritórios, e passou a se inserir em todos os aspectos da vida das pessoas, seja em instituições de ensino, residências e / ou lazer, por meio de diferentes dispositivos e formas de acesso, tem ampliado seu alcance em todo o mundo [Pereira et al. 2013].

A IoT, envolve funcionalidades inovadoras conectando dispositivos e/ou objetos perfeitamente. Mas há ameaças, suas características e sua grande quantidade de elementos e características de tempo real tendem a aumentar a complexidade de desenvolvimento, pois as diferentes percepções dos envolvidos e o uso distintos de recursos computacionais podem tornar os requisitos inconsistentes [Sommerville et al. 2011] e acarretar ambiguidades no seu desenvolvimento [Weyrich and Ebert 2015]. Além disso, há falta de padrões e modelos que amparar a especificação de requisitos, modelagem, segurança, desempenho, entidades dinâmicas e outras particularidades [Reggio 2018].

Dessa forma, caracteriza-se a necessidade de um modelo de prototipação que ampare no processo de elicitação, análise e visualização dos requisitos em sistemas IoT.

Em busca de soluções de modo que seja possível atender as necessidades das diferentes partes interessadas envolvidas, sem desencadear efeitos nocivos nas pessoas e no meio em que é utilizado, o Design Socialmente Consciente (DSC) [Baranauskas et al. 2009], foi pensado para o processo de design de sistemas computacionais de modo geral, tem potencial de contribuir para o design de sistema, pois informa e provoca reflexões sobre o domínio do problema e o potencial de impacto da solução no mundo social [Ferrari et al. 2019].

Assim, a metodologia de DSC, por meio da teoria da semiótica organizacional e da realização de workshops semioparticipatórios - técnicas de design participativo, colaborativo e universal - elicitam requisitos que abrangem o humano, organizacional, valores legais, culturais, econômicos e técnicos, divididos em níveis de projeto informal, formal e técnico [Baranauskas 2014]. Assim, o nível técnico se baseia nas informações que recebe dos níveis formal e informal. O processo de elicitação é iterativo, ou seja, vai do informal ao técnico e do técnico ao informal, enquanto verifica as possíveis necessidades de atualização do modelo [Baranauskas 2014].

Neste contexto, o uso da tecnologia de Realidade Estendida (XR, do inglês *Extended Reality*) é identificada para visualização do protótipo de sistemas IoT em tempo real, pois se une aos ambientes real e virtual, a fim de amparar dispositivos de distintos níveis de realidade na visualização de um cenário [Chuah 2018]. Além disso, o trabalho [Han and Leite 2022] aponta que o uso tecnologia XR pode contribuir para os desafios relacionados à visualização dos requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto.

Este artigo relata uma pesquisa de doutorado em andamento, que propõe o uso a tecnologia de Realidade Estendida e a metodologia de Design Socialmente Consciente, para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT. O artigo está organizado em seções, a seção 2 apresenta os objetivos da pesquisa; a seção 3 relata o embasamento teórico e as soluções existentes; seção 4 descreve a metodologia de pesquisa; a seção 5 destaca os resultados da pesquisa alcançados até o momento; a seção 6, descreve as possíveis contribuições da pesquisa e seu diferencial e; a seção 7 destaca os apontamentos para as próximas atividades da pesquisa.

2. Objetivo

Diante desta contextualização, a fim de atenuar informações ambíguas e conflitantes durante o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT, o objetivo da pesquisa de doutorado é:

- Amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT, usando a tecnologia de Realidade Estendida e a metodologia de Design Socialmente Consciente, por meio de um modelo visual.

Os objetivos específicos são:

1. Gerar os artefatos para identificação dos requisitos específicos de sistemas IoT;
2. Propor um modelo para prototipação de sistemas IoT, para auxiliar na elicitação e visualização dos requisitos;
3. Implementar e validar o modelo visual, por meio de experimentos e estudos de caso;

3. Referencial Teórico

3.1. Modelos para Elicitação de Requisitos de Sistemas IoT

A IoT se tornou um tema relevante, uma vez que viabiliza como as pessoas podem experimentar e usar a tecnologia em um protótipo, no entanto, existem desafios relacionados à identificação dos requisitos específicos de sistemas IoT [Souza Rodrigues et al. 2020].

De acordo com [Silva et al. 2019a], a construção de sistemas IoT requerem um processo definido incluindo atividades desde a elicitação de requisitos até a implantação do sistema de software. Para isso, na literatura foi possível identificar métodos para amparar na elicitação e especificação dos requisitos para um sistema IoT, como o trabalho relatado por [Reggio 2018], apresenta uma versão do IotReq, um método para a elicitação e especificação dos requisitos para um sistema IoT; outros trabalhos, [Zambonelli 2017] e [Larrucea et al. 2017], abordam o tema de requisitos para sistemas IoT, os quais propõem estruturas conceituais para capturar e apresentar os requisitos.

Entretanto, o autor [Reggio 2018] indica, que não há um conjunto de melhores práticas de engenharia de software para desenvolvimento de sistemas IoT. Ressalta-se ainda, nenhuma proposta associando um modelo visual de prototipação em sistemas IoT foi identificado na literatura.

3.2. Design Socialmente Consciente e IoT

O Design Socialmente Consciente pode afetar diretamente o resultado final de um sistema. Baseia-se na realidade socioeconômica e cultural de um grupo de envolvidos e tem como objetivo obter uma visão de design mais ampla [da Silva et al. 2016]. Propõe práticas participativas, semioparticipativas e inclusivas que envolvem diversas pessoas com diferentes papéis, que serão devidamente identificadas para propor soluções de tecnologia [da Silva et al. 2016].

O estudo [da Silva et al. 2021] destaca o uso do DSC, em fases iniciais do projeto, para resolver o problema de design de requisitos durante um desenvolvimento de software para IoT. Além disso, aponta que as atividades do DSC promovem discussões que impactam sobre os aspectos socioeconômica e suas implicações no cotidiano das pessoas.

Demais estudos, como [Silva et al. 2018] e [Silva et al. 2019b], destacam o uso do DSC para amparar nas atividades de sistemas IoT, como elicitação de requisitos, construção de cenários de interação em tempo real. Reforçam, que o DSC auxilia no entendimento do problema, e geram eficácia no processo de desenvolvimento dos sistemas IoT.

3.3. Realidade Estendida para Desenvolvimento de Sistemas IoT

O conceito de Realidade Estendida é genérico, abrange as tecnologias virtuais, incluindo Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM) em um aspecto que vai desde dispositivos que interagem com o mundo real e virtual simultaneamente àqueles que só trabalham com o mundo virtual [Andrade and Bastos 2019], para fornecer experiências de usuário intuitivas, imersivas e interativas [Han and Leite 2022].

Dado uma busca bibliográfica sobre sistemas IoT com o uso da tecnologia de XR, foi possível identificar um estudo [Andrade and Bastos 2019], que propõe um modelo de comunicação de dados que permite a tradução de dados IoT em objetos, eventos ou cenários de XR. Neste estudo, também são indicados tendências e aplicações sobre IoT e XR, o uso na segurança cibernética, para ajudar as equipes de defesa de segurança a se defenderem contra ataques de softwares maliciosos dos dispositivos.

4. Metodologia de Pesquisa

O Design da Ciência, é um paradigma que apoia a realização de pesquisas aplicadas, a fim de sumarizar, identificar, avaliar e comunicar suas contribuições [Engström et al. 2020]. A metodologia de pesquisa deste trabalho é baseada nos elementos do Design da Ciência [Engström et al. 2020], apresentados na Figura 1.

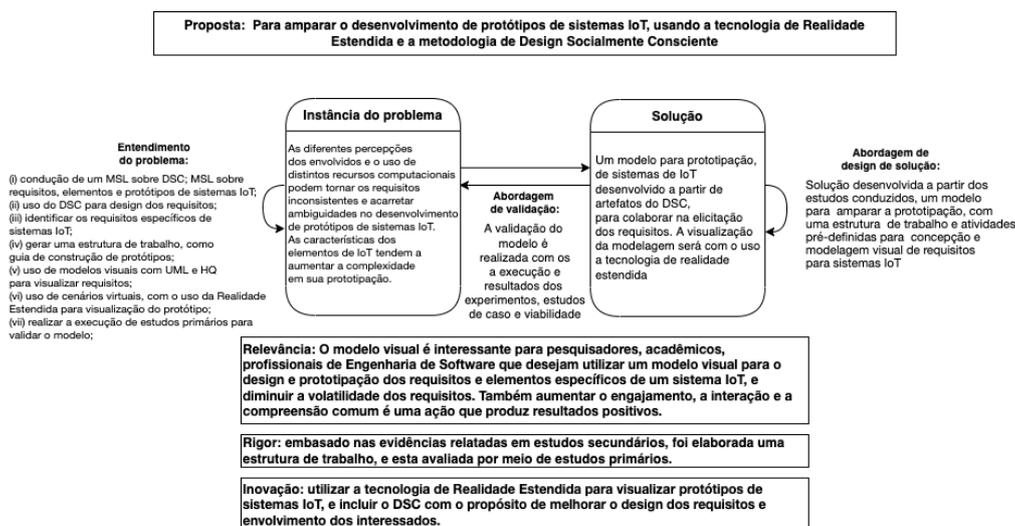


Figura 1. Visão Geral da Pesquisa conforme o Paradigma Design da Ciência
Fonte: adaptado de [Engström et al. 2020]

A proposta refere-se ao objetivo geral da pesquisa descrito na Seção 2. A instância do problema são as lacunas identificadas na literatura, como as diferentes percepções dos envolvidos, o uso distintos de recursos computacionais e elementos específicos de sistemas IoT, indicam artefatos que devem amparar a solução. O entendimento do problema, descreve atividades que devem ser seguidas para alcançar a proposta, condução de mapeamentos sistemáticos, oficinas semi-participativas, desenvolvimento de uma estrutura de trabalho, modelos visuais, estudos de viabilidade e experimentos.

A abordagem de design de solução destaca uma estrutura de trabalho com atividades pré-definidas para concepção visual dos requisitos de sistemas IoT, e a implementação

e validação, deve acontecer por meio de experimentos, estudos de casos e de viabilidade. Neste cenário é esperado como solução, um modelo para prototipação de sistemas IoT, desenvolvidos a partir de artefatos do DSC, a fim de amparar na elicitação dos requisitos e sua visualização com o uso da tecnologia de Realidade Estendida.

A validação do modelo é dada por meio da execução de experimentos e estudos de caso. Este delineamento da pesquisa também, ressalta o rigor, relevância e inovação da proposta.

Diante deste delineamento, algumas atividades devem acontecer, sendo elas:

- a) Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) para verificar como o DSC contribui para o desenvolvimento de tecnologias da informação e comunicação (TIC), seus pilares e artefatos; e MSL para identificar as características específicas de sistemas IoT;
- b) Realização de oficinas de design semi participativo;
- c) Desenvolvimento de um guia de aplicação da metodologia de DSC;
- d) Elaborar modelos visuais para auxiliar na elicitação de requisitos para sistemas IoT, com o uso de modelos visuais: UML (do inglês *Unified Modeling Language*, em português Linguagem de Modelagem Unificada) e Histórias em Quadrinhos (HQ);
- e) Verificar a aplicabilidade do modelo visual em HQ e UML;
- f) Aplicação do teste de aplicabilidade referente ao cenário virtual de IoT com HQ;
- g) A partir dos artefatos gerados na aplicação do modelo em HQ, construir o modelo para prototipar os requisitos e elementos específicos de IoT.
- h) Definição da plataforma virtual de visualização do protótipo;
- i) Construção do modelo para amparar no desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT;
- j) Experimentos e estudos de caso para validação do modelo.

5. Resultados Preliminares

Esta pesquisa foi iniciada em agosto de 2020, primeiramente foi realizada a execução de um MSL, para verificar como o DSC contribui para o desenvolvimento de tecnologia da informação e comunicação (TIC), seus pilares e artefatos. Na condução do MSL foram retornados 67 trabalhos, destes 10 passaram pelos filtros de seleção e 2 estudos foram adicionados, por meio da estratégia *backward snowballing*, totalizando 12 trabalhos.

Ao realizar o MSL foi possível observar que o desenvolvimento de produtos e soluções tecnológicas utilizam comumente aspectos do DSC e pilares da sustentabilidade de forma implícita, por outro lado, a utilização de maneira explícita pode possibilitar a inserção dos elementos do DSC em um processo de produção mais ágil e inteligente, atendendo aos pilares de sustentabilidade e inserindo efetivamente os interessados em todo o processo de desenvolvimento, assim como o envolvimento no processo de design dos requisitos e prototipação.

O resultado desse MSL, impulsionou a condução de outro MSL, para identificar as características específicas de sistemas IoT, e como são realizados os processos de design de requisitos e prototipação de sistemas IoT.

Esse MSL, retornou 122 estudos, dos quais 18 atenderam os critérios de seleção e inclusão, além de 4 estudos inseridos por meio da estratégia *backward snowballing*. Como

resultado, entende-se que ainda não surgiu nenhum conjunto consolidado, de práticas recomendadas de engenharia de software para a Internet das Coisas [Reggio 2018]. Os resultados apontaram práticas preliminares de métodos utilizados para especificar requisitos de IoT, é válido ressaltar, que não houve relato sobre a atividade de prototipação.

Faz-se necessário, uma geração de ambientes e modelos de Engenharia de Software que ampare o a concepção do design de requisitos de sistemas IoT [Zambonelli 2017].

Os artefatos gerados na execução dos dois MSL, indicam a eficiência do uso de oficinas de DSC para auxiliar no processo de design de requisitos, além de evidências referentes a limitação de técnicas, modelos e abordagem para especificar requisitos de sistemas IoT, decorrência de suas particularidades.

Atualmente estão sendo conduzidas as atividade de execução das oficinas de design semioparticipativas, a fim de desenvolver modelos visuais, com o uso dos modelos UML e HQ, para auxiliar na elicitação de requisitos para sistemas IoT; e o desenvolvimento do guia de aplicação.

A Figura 2 apresenta a sugestão do guia de aplicação, inicialmente devem ser conduzidas oficinas semioparticipativas, envolvendo os interessados do projeto IoT, nesta atividade são geradas as informações e requisitos específicos, que serão visualizados por meio dos modelos UML e/ou HQ. Além disso, a visualização do protótipo de sistemas IoT, pode ocorrer em um ambiente virtual em tempo real com o uso da tecnologia de XR.

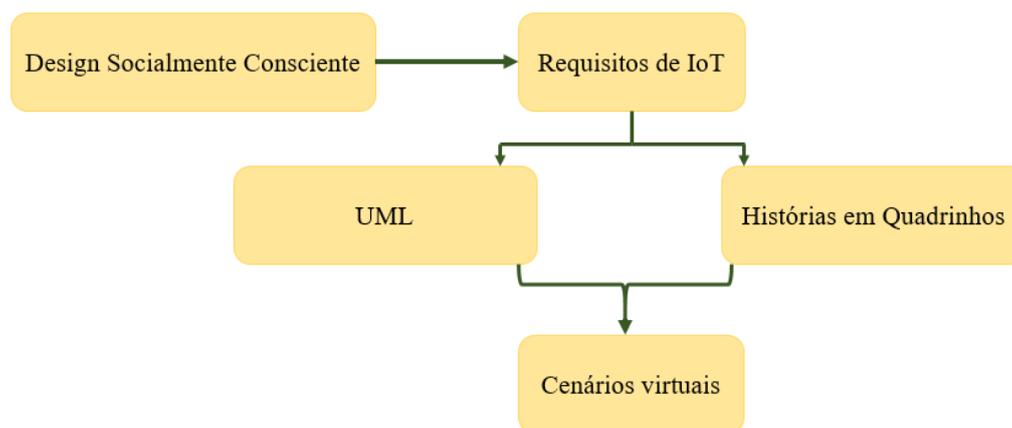


Figura 2. Guia de Aplicação

6. Contribuições

Este trabalho sumarizou uma pesquisa de doutorado em andamento, cujo objetivo é amparar o desenvolvimento de protótipos para sistemas IoT, por meio de um modelo visual.

Diante dos resultados identificados até o momento, a pesquisa aponta diferenciais de implementação como: a construção do modelo visual, é amparada por um guia de aplicação, o qual insere a experiência do DSC como parte do processo de identificação dos requisitos para sistemas IoT, onde a compreensão comum dos envolvidos é uma ação que gera resultados positivos; a prototipação e visualização dos requisitos em

cenários virtuais com o uso da Realidade Estendida, pois a mesma pode atrair as partes interessadas com inúmeras oportunidades para criar experiências inovadoras e únicas [Alizadehsalehi and Yitmen 2021].

A proposta do modelo é se tornar uma inovação para o estado da arte atual. Contribuindo para pesquisadores, profissionais de Engenharia de Software, professores, acadêmicos que desejam utilizar um modelo visual para amparar a prototipação de requisitos para sistemas IoT. Além disso, espera-se estabelecer uma integridade na concepção e elicitação dos requisitos de um sistema IoT, colaborando para o desenvolvimento, implementação e implantação do sistema.

7. Trabalhos Futuros

As próximas etapas estão relacionadas aos objetivos específicos deste trabalho, Seção 2 itens 2 e 3, e envolvem as atividades de (b) a (j), disponibilizadas na Seção 3, para a construção de um modelo para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT.

Referências

- Alizadehsalehi, S. and Yitmen, I. (2021). Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (drx). *Smart and Sustainable Built Environment*.
- Andrade, T. and Bastos, D. (2019). Extended reality in iot scenarios: Concepts, applications and future trends. In *2019 5th Experiment International Conference (exp. at'19)*, pages 107–112. IEEE.
- Baranauskas, M. C. C. (2014). Social awareness in hci. *Interactions*, 21(4):66–69.
- Baranauskas, M. C. C. et al. (2009). Socially aware computing. In *ICECE 2009 VI International Conference on Engineering and Computer Education*, pages 1–5.
- Chuah, S. H.-W. (2018). Why and who will adopt extended reality technology? literature review, synthesis, and future research agenda. *Literature Review, Synthesis, and Future Research Agenda (December 13, 2018)*.
- da Silva, J. V., Baranauskas, M. C. C., and Pereira, R. (2021). Hands on, heads in: Building iot scenarios for learning software engineering. In *2021 XLVII Latin American Computing Conference (CLEI)*, pages 1–10. IEEE.
- da Silva, J. V., Pereira, R., Buchdid, S. B., Duarte, E. F., and Baranauskas, M. C. C. (2016). Sawd - socially aware design: An organizational semiotics-based case tool to support early design activities. In Baranauskas, M. C. C., Liu, K., Sun, L., Neris, V. P. d. A., Bonacin, R., and Nakata, K., editors, *Socially Aware Organisations and Technologies. Impact and Challenges*, pages 59–69, Cham. Springer International Publishing.
- Engström, E., Storey, M.-A., Runeson, P., Höst, M., and Baldassarre, M. T. (2020). How software engineering research aligns with design science: a review. *Empirical Software Engineering*, 25(4):2630–2660.
- Ferrari, B., Junior, D. S., Oliveira, C. M., Ortiz, J. S., and Pereira, R. (2019). Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias. In *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, pages 11–20. SBC.

- Han, B. and Leite, F. (2022). Generic extended reality and integrated development for visualization applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 140:104329.
- Larrucea, X., Combelles, A., Favaro, J., and Taneja, K. (2017). Software engineering for the internet of things. *IEEE Software*, 34(1):24–28.
- Pereira, R., Baranauskas, M. C., and da Silva, S. R. (2013). Social software and educational technology: Informal, formal and technical values. *Educational Technology & Society*, 16:4–14.
- Reggio, G. (2018). A uml-based proposal for iot system requirements specification. In *Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering*, pages 9–16.
- Silva, D., Gonçalves, T. G., and da Rocha, A. R. C. (2019a). A requirements engineering process for iot systems. In *Proceedings of the XVIII Brazilian symposium on software quality*, pages 204–209.
- Silva, J. V. d., Baranauskas, M. C. C., Moreira, E. A., Muriana, L. M., and Santos, A. C. d. (2019b). Reclaiming human space at iot: Contributions of the socially aware design. In *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–11.
- Silva, J. V. d., Pereira, R., Hayashi, E., and Baranauskas, M. C. C. (2018). Design practices and the sawd tool: Towards the opendesign concept. In *International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations*, pages 208–217. Springer.
- Sommerville, I. et al. (2011). Engenharia de software.[s]. *Pearson Education*, 19:60.
- Souza Rodrigues, S., Luiz da Silva Genesio, V., Maria Barroso Paiva, D., and Pontin de Mattos Fortes, R. (2020). A case study on how brazilian companies deal with the user experience in iot projects. In *Proceedings of the 38th ACM International Conference on Design of Communication*, pages 1–7.
- Weyrich, M. and Ebert, C. (2015). Reference architectures for the internet of things. *IEEE Software*, 33(1):112–116.
- Zabadal, B. M. and de Castro, B. F. L. M. (2017). Iot e seus principais desafios. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, 3(1).
- Zambonelli, F. (2017). Key abstractions for iot-oriented software engineering. *IEEE Software*, 34(1):38–45.