Jun 7 2024 11:47AMJun 7 2024 11:46AMBIKE IOT - MODELAGEM DE UMA PLATAFORMA DE MICROSSEGUROS COM ABORDAGEM "PAY-PER-USE" E BLOCKCHAIN

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5043

Autores: *REGINALDO ARAKAKI, VICTOR TAKASHI HAYASHI, MAURICIO DE AZEVEDO NETO*

Resumo: *Este artigo descreve uma atividade de ensino e aprendizagem com uma equipe formada por professores da área de engenharia de software e segurança de sistema e aluno da área de ciência da computação para estudar um caso de aplicação prática que combinou modelagem orientada a objetos, processamento de eventos complexos, internet das coisas e plataformas digitais aplicada a área de seguros. O foco foi o desenvolvimento de um modelo para uma bicicleta equipada com recursos IoT, possibilitando a monitoração de trajetos em tempo real. Esta iniciativa objetivava fornecer um arcabouço de conhecimento que sustente a criação de proteções feitas por meio de microsseguros pagos pelo uso. Para tanto, inicialmente foi feita uma avaliação dos riscos em uma trajetória origem-destino que subsidiaram a criação de uma modelagem estática, a qual engloba o modelo de classes e seus relacionamentos, incluindo elementos relacionados ao microsseguros e a eventos em tempo real; e uma modelagem dinâmica, que detalha o acontecimento de eventos ao longo do tempo de maneira alinhada com uma infraestrutura em blockchain. O resultado da pesquisa traz a avaliação de 3 pilares: a da formação em atividades de pesquisa realizada pelo aluno; a conexão do embasamento científico com domínio de aplicação prática e as decisões de modelagem que subsidiam a arquitetura de uma aplicação com fundamentos de integração das atuais plataformas digitais.*

Palavras-chave: *IoT, Digital Twin, Blockchain, Segurança, Rastreabilidade, Não-repúdio, CEP Processamento de Eventos Complexos, Plataforma Digital de Microsseguros, Modelagem OO, UML, Modelos de Riscos, Modelo Bow-tie, Bike IoT, Modelagem Estática e DInâmica*

BIKE IOT - MODELAGEM DE UMA PLATAFORMA DE MICROSSEGUROS COM ABORDAGEM "*PAY-PER-USE*" E *BLOCKCHAIN*

1 INTRODUÇÃO

O estudo de um caso prático relacionado com as técnicas e modelos matemáticos foi um dos caminhos escolhidos para uma imersão do trabalho de iniciação científica de um estudante do 2o ano do instituto Inteli. Juntar modelagem computacional UML, modelos de riscos bowtie, processamento de eventos em tempo real aplicado em um contexto de um domínio de problema com grande abrangência, comentado como de escala exponencial na terminologia da indústria é parte do desafio na consolidação do aprendizado de técnicas de engenharia de software.

Conceitos de modelagem tratados neste estudo envolve pelo menos três dimensões: uma é a da modelagem orientada a objetos em UML de uma bicicleta dotado de recursos de sensores em tempo real (bike IoT) relacionados ao timestamp, acelerômetros e geolocalização. Outra dimensão é relacionada à modelagem de riscos utilizando a referência Bow Tie onde objetos de riscos associados aos trajetos focando a integridade física do usuário e do próprio equipamento (Fujii e outros, 2022). A última dimensão foi a modelo de proteção na forma de microsseguros com cobertura do trajeto, provocando os estudos e tratamento dos eventos em tempo real (Saad; Arakaki, 2014).

Essa combinação trouxe as seguintes questões neste estudo que devem ser respondidas ao longo dessa imersão nesse domínio do problema:

- Questão 1) Como a modelagem vai combinar microsseguros com bicicletas, usuários de bicicletas, deslocamentos e eventos normais ou de impactos no trajeto e acompanhamento da proteção dos patrimônios físicos e humanos envolvidos?
- Questão 2) Como tratar os eventos em tempo real, notadamente a natureza assíncrona dos eventos e cenários de uso da bicicleta?
- Questão 3) Em termos de segurança, o aspecto de não repúdio é implementado de que forma para garantir a precisão dos serviços prestados de proteção?
- Questão 4) Esse domínio de problema exige uma escalabilidade da plataforma em termos de implementação. Quais aspectos da modelagem favorecem as decisões arquiteturais para obter essa escalabilidade?
- Questão 5) A modelagem por ser ampliada para outros domínio do problema?

Metodologia de Pesquisa

O planejamento de estudos, pesquisas e elaboração do modelo envolveu a seguinte metodologia para combinar modelagem de riscos, modelagem orientada a objetos, dados em tempo real adquiridos de sensores IoT, aplicação de negócios em seguros, privacidade e integridade transacional e de dados. Para isso foram 6 etapas:

- Etapa 1: Contexto, foco e equipe - A equipe com o estudante da ciência de computação do Instituto Inteli sob orientação de um professor pesquisador da engenharia de software e com o apoio de um professor pesquisador da área de segurança de sistemas estabeleceram o foco em modelagem matemática e computacional de um domínio do problema: Acompanhar o trajeto de pessoa se deslocando com uma bicicleta, e aplicar uma proteção por seguro, de modo a proteger o patrimônio físico e humano envolvidos.
- Etapa 2: Fundamentos de modelagem UML - A modelagem orientada a objetos estabeleceu a conexão estática e dinâmica dos elementos da bicicleta em termos de posição GPS, velocidade e aceleração. Do motorista, registros de interação na orçamentação, contratação, deslocamento e encerramento do trajeto. Da plataforma de microsseguros, os eventos de orçamentação, acompanhamento, identificação dos eventos normais e anormais do trajeto, suporte a tratamento de incidentes;
- Etapa 3: Aplicação prática - Bike IoT: Estudos e modelagem da plataforma material bicicleta é dotada de sensores como geolocalização GPS, sensores de movimento, acelerômetros, relógio em tempo real, trajeto planejado e trajeto executado;
- Etapa 4: Contexto da proteção por seguros - Microsseguros e seguros pagos pelo uso: Integração com uma plataforma de retaguarda de seguros com mecanismos de receber o trajeto planejado e alternativas, realizar o orçamento do seguro com as devidas sazonalidades de horários e riscos, com facilidades de contratação e efetivação do contrato do microsseguro;
- Etapa 5: Cenários de modelagem e integração e resultados obtidos. Com a modelagem dos elementos indicados nas etapas anteriores, realizar as avaliações de cenários de utilização do sistema em relação às referências utilizadas, vulnerabilidades e alternativas de aprimoramento;
- Etapa 6: Integração avançada. Um desafio lançado é que esta modelagem permitirá o avanço de integração destes eventos e contratos digitais, inspirando o uso de infraestrutura em blockchain.

2 OBJETIVOS DO ARTIGO

O trabalho faz um registro de um estudo imersivo combinando a modelagem computacional de um sistema digital com eventos em tempo real com o estudo de uma aplicação prática na indústria. A aplicação prática que inspira tais elementos de estudo citados envolve uma bicicleta dotado de recursos de IoT para a obtenção de eventos em tempo real, modelagem de um serviço na forma de seguros, mais precisamente microsseguros, de proteção patrimonial (do ocupante da bicicleta e do ocupante) cujo contrato é adquirido e administrado ao longo do trajeto - aqui denominado de "microsseguros pay per use". Para isso, o trabalho deve ser fundamentado por alguns conceitos como: modelagem orientada a objetos, processamento de eventos complexos (CEP), modelo de riscos bow tie, e aspectos de segurança focada privacidade e em não repúdio.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O mercado de seguros no Brasil é um dos mais robustos da América Latina, caracterizado por sua crescente difusão aos mais diversos públicos, abarcando empresas e pessoas físicas. Conforme a Confederação Nacional das Seguradoras (2023), esse negócio correspondeu a 6,2% do PIB brasileiro no ano de 2022 e a expectativa é atingir uma participação de 10% até 2030. Apesar de ambiciosa, esta é uma meta concretizável, uma vez que o mercado segurador foi um dos poucos cuja média cresceu constantemente acima do PIB nacional nos últimos 20 anos – período no qual o Brasil não acompanhou o crescimento mundial (International Monetary Fund, 2024).

Ainda que exista uma gama diversa de produtos ofertados, um tipo comum de proteção é o seguro automotivo, o qual, assim como evidenciado por Greenberg (2009), costuma ser gerido por contratos com validades anuais ou semestrais, não estando diretamente ligado ao uso do veículo durante esse intervalo. Nesse sentido, viajar milhares de quilômetros ou não se deslocar de forma alguma implica no pagamento da mesma taxa.

No entanto, em direção contrária a esse modelo de negócios, existem diversos segmentos que ofertam serviços na modalidade "*pay-per-use*", que consiste em realizar um pagamento proporcional ao seu uso sob determinado bem, bastante comum em serviços de arquitetura em nuvem (Weinman, 2018), como é o caso do *API Gateway*, da Amazon, que cobra por volta de US$ 4 para cada milhão de requisições feitas (Amazon Web Services, 2024).

De maneira análoga a esta conjuntura, Greenberg (2009) define um gênero de seguros automotivos intitulado "*pay-as-you-drive-and-you-save*" (em português, pague-conforme-dirige-e-economize), que consiste em, ao invés de pagar um prêmio de seguro fixo e de maneira anual, o valor é diretamente proporcional à distância percorrida para finalizar para

finalizar um trajeto. No Brasil, essa modalidade é reconhecida pela Superintendência de Seguros Privados como "microsseguro", um serviço financeiro que proporciona proteção social ao ser destinado à população de baixa renda e possuir prêmios proporcionais às probabilidades e aos custos dos riscos envolvidos.

No cenário brasileiro, esta prática não é tão comum, embora as empresas ainda tentem fornecer planos mais flexíveis. Um desses casos é a Justos, que oferta seguros com pagamento de prêmio mensais e proporciona um desconto para motoristas considerados "bons". Essa avaliação é feita em tempo real utilizando o *smartphone* do próprio condutor, o qual possui sensores como acelerômetro, giroscópio e geolocalizador que concedem dados para que seja possível subsidiar uma análise da pessoa ao volante (Justos, 2023).

Embora esta leitura seja um processo significativamente descomplicado para o usuário, fazer a gestão de riscos é um ofício árduo, e conforme reportado por Rujiter e Guldenmund (2016), isso gerou uma série de metodologias para analisar e avaliar os riscos de uma operação, como o *bow-tie*, que se popularizou em indústrias de petróleo e gás, da aviação e mineradoras. Essa ferramenta consiste em associar um risco ao acontecimento de um evento central e, a partir daí, gerar uma árvore à esquerda que elenque possíveis causas para essa ocorrência, enquanto uma árvore à direita ilustra as possíveis consequências (Shahriar, Sadiq e Tesfamariam, 2011).

Rujiter e Guldenmund (2016) realizaram uma revisão sistemática a qual objetivava descrever o que é o *bow-tie* e os motivos de sua utilização e chegaram à conclusão de que, mesmo que ele não possa modelar a realidade de maneira fidedigna (algo impossível de ser abordado por qualquer modelo), ele possibilita uma melhor compreensão dos riscos em um público-alvo justamente pelo fato de permitir um mapeamento de incidentes factíveis.

Um aspecto crítico em termos de sistema é a rastreabilidade projetada para o sistema para garantir os diversos aspectos relacionados aos eventos registrados para subsidiar os contratos de proteção contratados. Esses registros e elementos de suporte à legitimação das transações e de eventos ocorridos durante o trajeto devem suportar os atributos de não repúdio de execuções e eventos ocorridos no sistema. Uma oportunidade importante que uma infraestrutura digital que pode ser explorada aqui passa pela possibilidade de integração com uma infraestrutura de blockchain.

4 O MODELO DE MICROSSEGUROS BIKE IoT

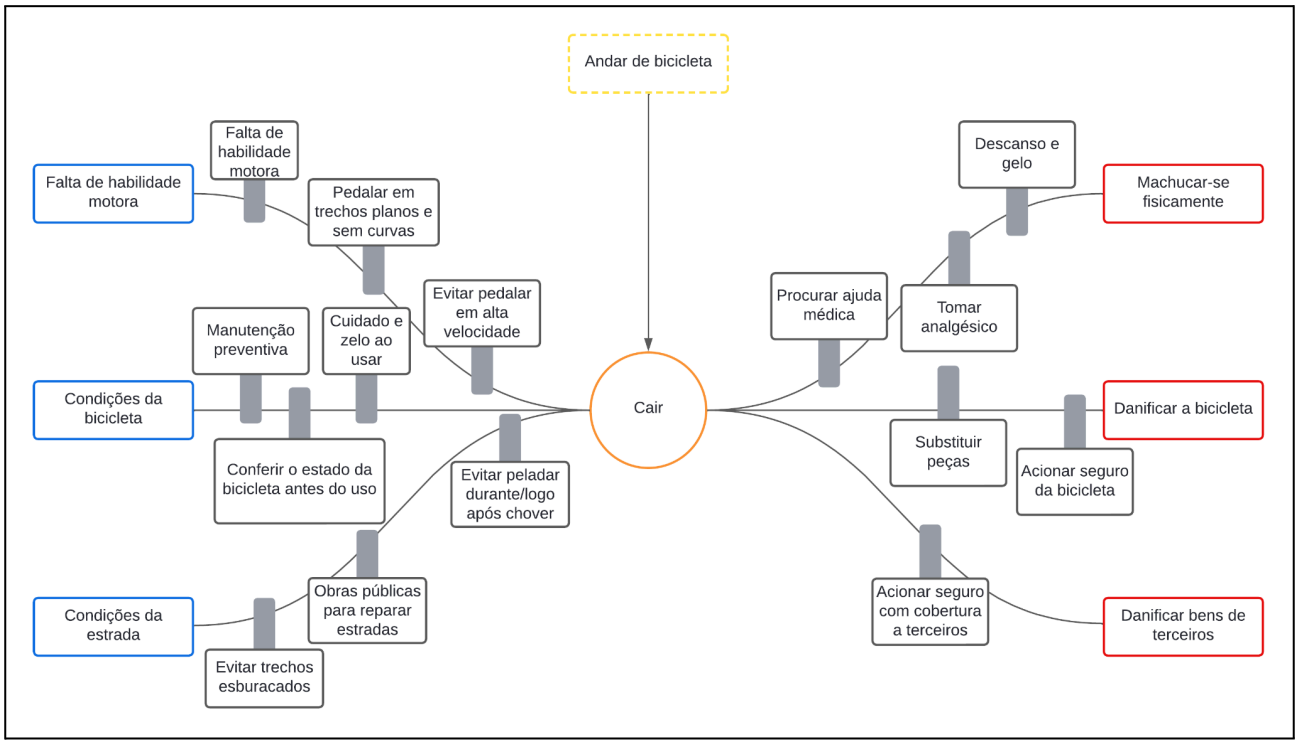
A seguir a modelagem proposta é descrita em três visões. A primeira é a do risco, no modelo bow-tie; a segunda estática estrutural de classes de objetos do contexto do domínio da aplicação; e a

terceira é da modelagem dinâmica de alguns dos cenários estudados. Com isso evidenciar como foram combinadas as dimensões científicas citadas na introdução.

4.1 Visão 1 - Modelo de riscos (bow-tie)

Ainda que a proteção por microsseguros possa estender-se para as mais diversas conjunturas, este trabalho apresenta uma modelagem que descreve o cenário no qual um indivíduo utiliza o serviço no cenário de deslocar-se entre a sua residência até a faculdade utilizando uma bicicleta. Atentando-se ao fato de que, para fornecer um seguro é necessário, de antemão, visualizar e entender os riscos envolvidos em determinado processo, esta metodologia iniciou-se com a construção de diversos diagramas *bowtie*, conforme é possível observar na figura 1.

Figura 1 – Diagrama *bowtie* sobre o evento andar de bicicleta



Fonte: autoria própria

Este modelo retrata o fato de que andar de bicicleta oferece o risco de cair. Fazendo a leitura da direita para o centro é possível observar três causas que favorecem a ocorrência do risco, seguidas por uma série dos chamados controles de prevenção, que são aquelas medidas que reduzem a chance da ocorrência do evento central. Já quando a leitura é realizada da esquerda para o centro são elencados três impactos que podem ocorrer uma vez que o risco tenha se concretizado. Estes contextos se seguem por controles de prevenção – providências a serem adotadas para atenuar

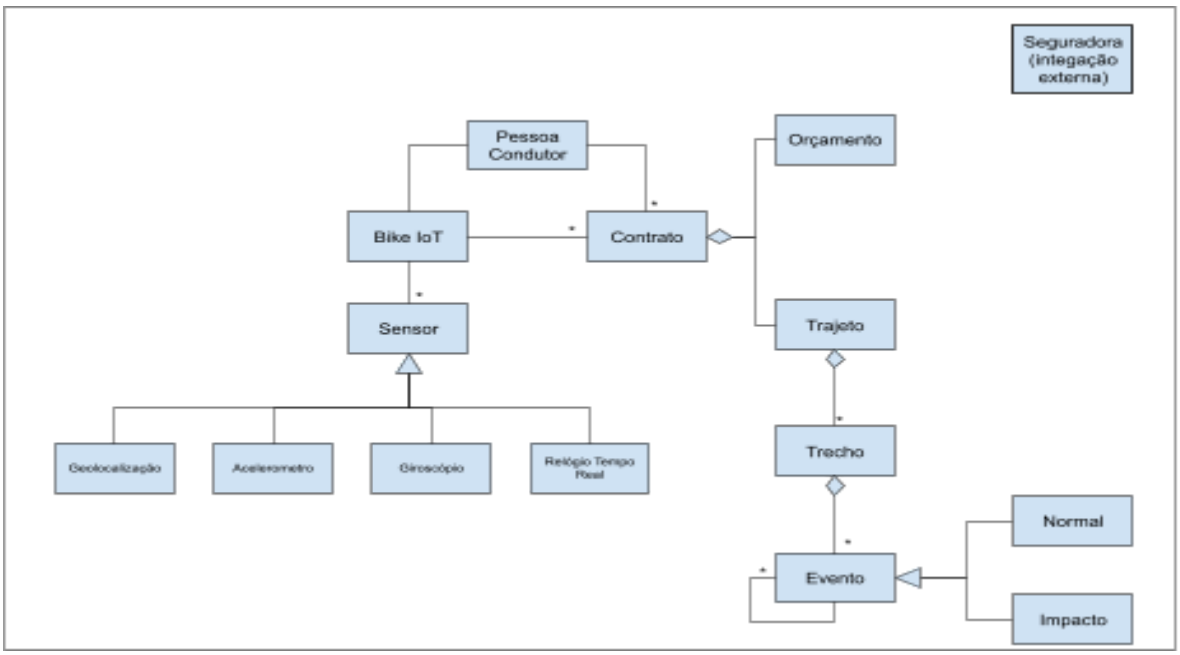
a severidade dos impactos derivados do risco. Diagramas como este foram feitos para diferentes riscos, como ser roubado, bater em bens de terceiros e ser atropelado.

4.2 Visão 2 - Modelo estrutural (estática)

O modelo estrutural está refletido no diagrama de classes UML que pudesse abranger os fenômenos e agentes que foram mapeados durante o *bowtie*, assim como é possível observar na figura 2. Além destes elementos, é claro, foram incluídas classes relacionadas aos negócios do microsseguro, como contrato e orçamento. Com isso temos a seguinte estrutura estática do modelo:

- **Bicicleta e sensores análogos digitais** - Sensores de geolocalização por GPS, acelerômetro, giroscópio e relógio em tempo real para garantir os eventos associados ao deslocamento como data, hora, movimento, velocidade, queda, batidas e demais impactos mecanismos sejam captados por estas classes de interfaces e com isso associar os eventos ao trajeto. Um smartphone com um aplicativo especializado para estes sensores e aplicação de microsserviços deve ser considerado para garantir uma boa usabilidade da plataforma;
- **Pessoa, contrato e orçamento** - A cada trajeto realizado, o usuário pode orçar e contratar as proteções. O histórico de orçamentos e de contratações registradas ao longo do tempo deve subsidiar o modelo comportamental e de sazonalidade do usuário, condutor da bicicleta;
- O **trajeto** aqui modelado constitui uma conexão dos eventos em tempo real, capturados e registrados com cada um dos trechos do deslocamento. O orçamento gera um contrato de microsseguro que conecta todos os elementos e eventos de um trajeto. Ou seja, os trechos planejados de um trajeto, os trechos percorridos pelo condutor. Os eventos dos trajetos são associados ao trecho para garantir a precisão e rastreabilidade do caminho percorrido no tempo e no espaço geográfico. Os eventos constituem a fonte da proteção contra acidentes. Eles são digitalmente classificados como normais ou de impacto. Com isso, o trajeto tem como documentação em tempo real e com isso subsidiam a normalidade ou acidentes.

Figura 2 – Diagrama de classes UML do serviço de microsseguros



Fonte: autoria própria

4.3 Visão 3 - Modelo comportamental (Dinâmico)

A partir da modelagem estática, uma dezena de cenários para a modelagem comportamental foram estudadas, elaboradas e refinadas. Os cenários aqui apresentados tem o intuito de evidenciar como os diversos pilares do domínio científico mencionados foram combinados. Exemplos de cenários:

- Cenário 1: Onboarding de um usuário e respectiva bicicleta IoT no sistema;
- Cenário 2: Orçamentação e contratação de proteção para um trajeto do cotidiano;
- Cenário 3: Um trajeto com ocorrência de incidentes;
- Cenário 4: Um trajeto normal, sem incidentes.

Sem prejuízo do entendimento da modelagem aqui exposta no artigo, dos quatro cenários listados acima, um deles foi selecionado para detalhamento gráfico. O cenário 3.

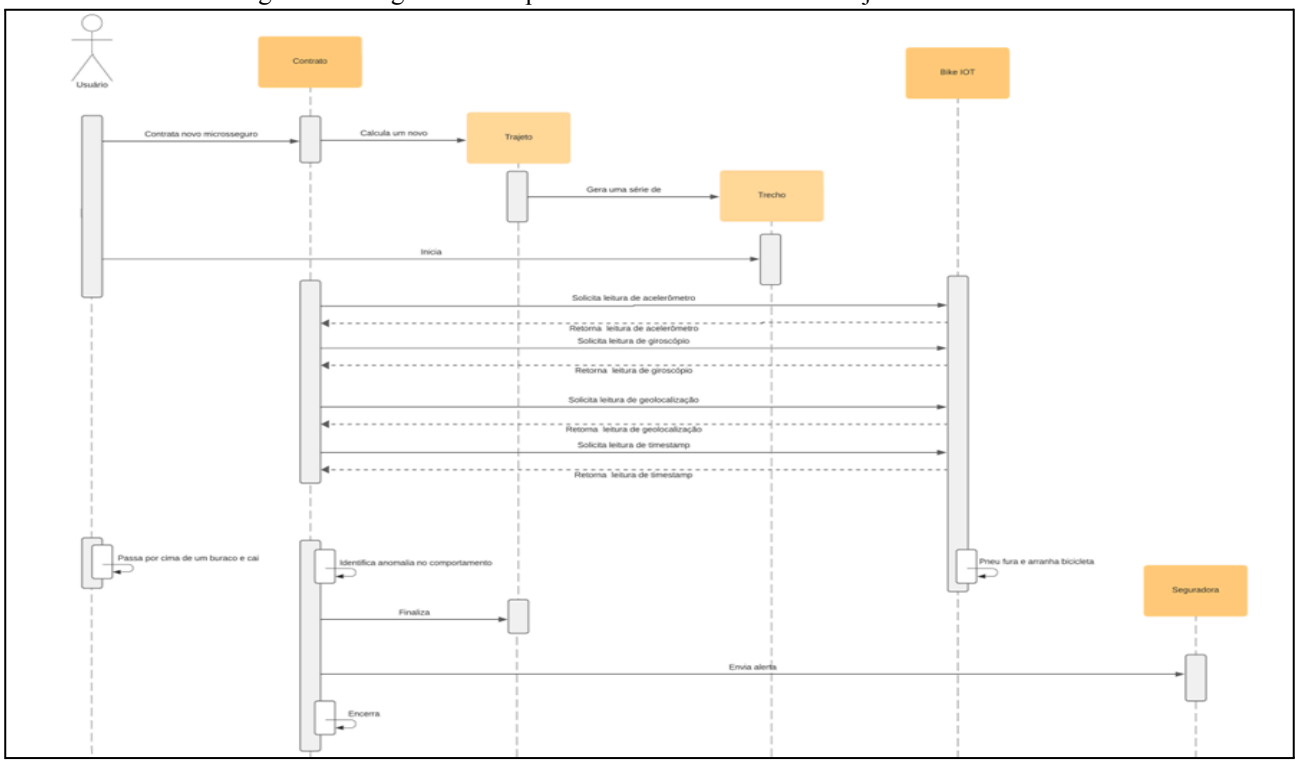
O cenário 1 versa sobre um contato inicial com a plataforma, na qual o indivíduo deve se cadastrar e conectar a sua bicicleta IoT. Inicialmente, uma pessoa cadastra-se na plataforma e isso gera um contrato o qual alude a respeito da utilização dos serviços, transformando esse indivíduo em um usuário, de fato. Daí, este usuário cadastra uma nova bicicleta em sua conta e realiza testes sob os sensores para verificar o seu funcionamento. Caso estes respondam com dados coerentes, a

bicicleta é vinculada ao usuário. Do contrário, é informado um erro e é solicitado a realização de uma nova tentativa de pareamento.

O cenário 2 é o da orçamentação e contratação de proteção para um trajeto do cotidiano. Neste, o usuário indica o destino a partir da sua origem. O histórico desse trecho (tais quais acidentes já reportados, fluxo do trânsito e de pessoas etc.) constituem subsídios para que a classe contrato calcule não somente o preço atual para oferecer a cobertura desejada, como também informar valores diferentes, no caso de o usuário optar por fazer o deslocamento em outro período, ou outra alternativa de trajeto, a partir das quais o usuário seleciona e fecha o contrato de proteção antes de iniciar o seu deslocamento.

O cenário 3, que trata de trajeto com ocorrência de incidente, tem um desenho na figura 3.

Figura 3 – Diagrama de sequência UML do cenário 3 - Trajeto com incidente.



Fonte: autoria própria

O cenário 3 descreve uma condição na qual o usuário inicia o seu trajeto até a faculdade. Os principais pontos a serem observados aqui estão nos acontecimentos após início dos trechos. A todo momento os sensores IoT estão coletando e enviando informações sobre aceleração, localização, *timestamp* e velocidade angular. Estes dados são importantes pois, como é possível observar, logo após o usuário do seguro cair, quase que instantaneamente, é possível identificar uma anomalia,

pois não só houve uma desaceleração, como também um movimento angular (queda). Neste diagrama também foi incluída uma entidade seguradora para ser informada em tempo real sobre um óbice no percurso do usuário.

Além disso, de maneira análoga ao cenário 1, este aqui pode ser facilmente combinado com outros meios de transporte e até mesmo a coleta de dados por meio de *smartwatches* e *smartbands* os quais conseguem fornecer dados diretos do estado corporal do indivíduo, como frequência cardíaca e níveis de oxigenação, permitindo uma melhor análise da inteligência do seguro para categorizar anomalias durante um trajeto.

O cenário 4 trata de um trajeto sem ocorrências. Ele se dá de maneira praticamente igual ao anterior, exceto pelo fato de que o usuário consegue chegar tranquilamente até onde planejou sem que acontecesse nenhum incidente. Aqui, a seguradora receberia somente um relatório dos dados coletados durante a viagem, e com isso obtém subsídios para proceder o encerramento do contrato com o término do trajeto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As questões elencadas no início do artigo ajudam a indicar os resultados obtidos relacionados no quadro 1. Importante destacar os conceitos e práticas aprofundadas para os envolvidos - estudantes e pesquisadores: A modelagem de um sistema que inclui modelos matemáticos de controle de riscos, modelos computacionais orientado a objetos, modelos de um segmento de negócio relacionado a seguros, eventos em tempo real obtidos de sensores IoT e os aspectos de segurança em termos de privacidade e integridade transacional.

Quadro 1 - Questões da pesquisa, resultados obtidos e referências científicas abordadas.

Questão	Resultado Obtido	Conceitos e práticas
Questão 1) Como a modelagem vai combinar microsseguros com bicicletas, usuários de bicicletas, deslocamentos e eventos normais ou de impactos no trajeto e acompanhamento da proteção dos patrimônios físicos e humanos envolvidos?	A estrutura indicada nas figuras 1, 2 e 3 mostra as conexões do modelo entre usuário/condutor, contrato de microsseguros, orçamento, bicicleta IoT com os seus sensores, o trajeto como somatória de trechos que se conecta com os eventos ocorridos desde a origem à chegada ao destino.	• Modelagem OO; • Notação UML; • Eventos em tempo real; • Modelo bow-tie;
Questão 2) Como tratar os eventos em tempo real, notadamente a natureza assíncrona dos eventos e cenários de uso da bicicleta?	Os eventos coletados do deslocamento geográfico e de relógio, acelerômetro e giroscópio para obter aspectos de movimentação normal, ou quedas, ou desacelerações que caracterizam batidas.	• Eventos em tempo real, coletados pelos sensores IoT;

Questão 3) Em termos de segurança, o aspecto de não repúdio é implementado de que forma para garantir a precisão dos serviços prestados de proteção?	A rastreabilidade garante a conexão dos eventos em todo o ciclo de cobertura do contrato de proteção: desde a definição de origem-destino, o trajeto planejado por trechos, orçamentação da proteção com alternativas, seleção das alternativas e execução.	• Rastreabilidade das transações, como item de segurança em termos de não repúdio; • Potencial uso de infraestrutura de blockchain na implementação.
Questão 4) Esse domínio de problema exige uma escalabilidade da plataforma em termos de implementação. Quais aspectos da modelagem favorecem as decisões arquiteturais para obter essa escalabilidade?	A plataforma digital deve tratar bicicleta, usuários, contratos e trajetos como um conjunto independente de outro usuário com outra bicicleta. Aspectos como microsserviço, digital twin e rastreabilidade são itens de escalabilidade.	• Arquitetura escalável em termos de volume de acessos, precisão, não repúdio, plataforma digital entre outros; • Infraestrutura de blockchain.
Questão 5) A modelagem por ser ampliada para outros domínio do problema?	No contexto da aplicação, o domínio de proteção poderia valer para pessoas, carros e residências. No contexto da modelagem, os domínios dos problemas que envolvem a monitoração do comportamento em tempo real podem se utilizar desses elementos.	• Processamento de Eventos Complexos. • Digital Twin[1]. • Contratos digitais (smart contracts).

Fonte: autoria própria

A partir deste modelo, a arquitetura de implementação de uma plataforma deste porte pode ser organizado em microsserviços com o devido particionamento de negócio: bike IoT, integração de negócios com serviços de uma empresa de seguros, controle por uma plataforma digital com escala exponencial para um grande volume de usuários,

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os requisitos não funcionais que constam na norma ISO 25010 (HAOUES, 2017), um dos mais relevantes para o presente projeto é a segurança. Ainda, destaca-se o não-repúdio e o registro imutável de transações, que são benefícios que podem ser alcançados por meio da aplicação da tecnologia Blockchain. Especificamente, um contrato inteligente de “microsseguros pay per use” pode ter suas cláusulas estabelecidas na linguagem Solidity de forma similar à apresentada na literatura para seguros de celulares (HAYASHI, 2023). Observa-se uma oportunidade de integração entre os eventos em tempo real coletados no contexto deste projeto usando tecnologias de Internet das Coisas para suprir as informações necessárias para que o contrato inteligente possa verificar de forma fidedigna se cláusulas contratuais específicas estão sendo cumpridas.

Além do aspecto de segurança descrito, em trabalhos futuros é possível também investigar eventuais *trade-offs* arquiteturais (BASS, 2012). Por exemplo, com a aplicação da tecnologia Blockchain no projeto, podemos ter um eventual conflito entre o nível maior de segurança suportado e aspectos de desempenho como tempo de resposta e escalabilidade. Estes *trade-offs*

[1] Digital Twin - Espelhamento digital de plataformas e funções especializadas de pessoas, em termos de eventos associados a eles, monitoração, rastreabilidade e predição usando técnicas de IA (Fujii e outros, 2022).

podem ser analisados utilizando alguma abordagem de simulação de modelos de redes de filas ou similar baseada em modelagem matemática (HAYASHI, 2020), o que poderia contribuir para reforçar a orientação inicial de modelagem matemática adotada nesta Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

AMAZON WEB SERVICES. **Preço do Amazon API Gateway**, 2024. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/api-gateway/pricing/?did=ap_card&trk=ap_card>. Acesso em: 13 de abr. de 2024.

AUTO JUSTOS. **Condições contratuais do seguro auto justos**, 2023. Disponível em: <https://assets.website-files.com/63bdbbd2c764e85f370a866e/640746740672ea9fc9d53f2f_CGs%20-%20Auto%20Justos%20(mar%C3%A7o%202023).pdf>. Acesso em 13 de abr. de 2024.

BASS, Len. **Software architecture in practice**. Pearson Education India, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS SEGURADORAS. Dyogo Oliveira: **"o setor segurador tem muito a contribuir para o desenvolvimento do Brasil"**, 2024. Disponível em: <https://cnseg.org.br/noticias/dyogo-oliveira-o-setor-segurador-tem-muito-a-contribuir-para-o-desenvolvimento-do-brasil>. Acesso em: 13 de abr. de 2024.

FUJII, T.Y.; HAYASHI, V.T.; ARAKAKI, R.; RUGGIERO, W.V.; BULLA, R., Jr.; HAYASHI, F.H.; KHALIL, K.A. **A Digital Twin Architecture Model Applied with MLOps Techniques to Improve Short-Term Energy Consumption Prediction.** Machines 2022, 10, 23. https://doi.org/10.3390/machines10010023.

GREENBERG, A. **Designing pay-per-mile auto insurance regulatory incentive**s. Transportation Research Part D: Transport and Environment, [s.l.], v. 14, n. 6, p. 437-445, Ago. 2009.

HAOUES, Mariem et al. **A guideline for software architecture selection based on ISO 25010 quality related characteristics.** International Journal of System Assurance Engineering and Management, v. 8, p. 886-909, 2017.

HAYASHI, Victor et al. **Seguros Mútuos com Smart Contracts via Blockchain**. In: Anais da XX Escola Regional de Redes de Computadores. SBC, 2023. p. 79-84.

HAYASHI, Victor T.; ARAKAKI, Reginaldo; RUGGIERO, Wilson V. OKIoT: **Trade off analysis of smart speaker architecture on open knowledge IoT project**. Internet of Things, v. 12, p. 100310, 2020.

INTERNATIONAL MONETARY FUND. G**DP, current prices**, 2024. Disponível em: <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/BRA/WEOWORLD> Acesso em: 13 de abr. de 2024.

RUIJTER, A., GULDENMUND, F. **The bowtie method: A review.** Safety Science, [s.l.], v. 88, [s.n.], p. 211-218, Out. 2016.

SHAHRIAR, A., SADIQ, R., TESFAMARIAM, S. **Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 505-523, Mai. 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. I Relatório Parcial: Definição do Conceito de "Microsseguro" **Identificação do Público-Alvo: Definição do Conceito de "População de Baixa Renda"** para fins de Microsseguro, 2008. Disponível em: < https://www.susep.gov.br/textos/relmicrosseg1.pdf>. Acesso em 13 de abr. de 2024.

SAAD, S.; ARAKAKI, R. 2014. **An event processing architecture for operational risk management in an industrial environment.** In Proceedings of the 8th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems (DEBS '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 213–224. https://doi.org/10.1145/2611286.2611307.

WEINMAN, J. **The Economics of Pay-per-Use Pricing.** IEEE Cloud Computing, [s.l.], v. 5, n. 5, p. 99-107, Set./Out. 2018.

BIKE IOT - MODELING A MICROINSURANCE PLATFORM IN THE "PAY-PER-USE" APPROACH AND BLOCKCHAIN

Abstract: *This article describes an activity of teaching-learning involving a team of software engineering and system security professors, along with a computer science student, to study a practical application case that combined object-oriented modeling, complex event processing, Internet of Things, and digital platforms applied to the insurance sector. The focus was on developing a model for a bicycle equipped with IoT features, enabling real-time route monitoring. This initiative aimed to provide a knowledge framework to support the creation of protections through usage-based microinsurance. To this end, an initial risk assessment was conducted for an origin-destination trajectory, which supported the creation of a static model encompassing the class model and its relationships, including elements related to microinsurance and real-time events; and a dynamic model that details the occurrence of events over time in alignment with a blockchain infrastructure. The research results evaluate three pillars: the student's research activity training; the connection between scientific foundation and practical application domain; and the modeling decisions that support the architecture of an application with principles of integrating current digital platforms.*

Keywords: IoT, Digital Twin, Blockchain, Security Safety, Traceability, Non-repudiation, CEP Complex Event Processing, Microinsurance Digital Platform, OO Modeling, UML, Risk Model, Bow-tie Model, IoT Bike, Static and Dynamic Modelling