

ARTIGO DE PESQUISA/RESEARCH PAPER

INSIGNIA: um sistema para gerenciamento de certificados usando *blockchain*

INSIGNIA: a blockchain based system for certificates management

Francisco R. Uchôa Ferreira [Laboratório de Engenharia de Software | Universidade Estadual do Piauí | rodrigouchoaferreira5@gmail.com]
Alcemir Rodrigues Santos [Laboratório de Engenharia de Software | Universidade Estadual do Piauí | alcemir@prp.uespi.br]

✉ Universidade Estadual do Piauí, Av. Pres. Castelo Branco, 180 - Petecas, Piri-piri - PI, 64260-000, Brasil.

Resumo. Certificados acadêmicos são documentos importantes para a vida de um estudante, pois por meio dele é possível atestar seu conhecimento em determinada área. Por ter essa importância, é comum encontrar casos de falsificação de certificados e diplomas. Isso se deve principalmente por a emissão desses documentos ser feita de forma obsoleta, usando documentos físicos, apesar da época do desenvolvimento digital atual. O governo brasileiro trouxe uma iniciativa de digitalizar certificados, mas, por enquanto, apenas em Faculdades Federais. A *blockchain* é uma tecnologia que traz segurança e privacidade, qualidades muito atrativas para o ambiente acadêmico. Tendo em mente essa problemática, esse artigo propõe o *INSIGNIA*, um sistema para gerenciamento de certificados de atividades extracurriculares que usa de *blockchain*. O sistema é composto por dois aplicativos para dispositivos móveis: um para emissores emitirem os certificados de atividades; e outro para estudantes conferirem suas atividades.

Abstract. Academic certificates are important documents in a student's life, as they attest to their knowledge in a specific area. Because of this importance, cases of certificate and diploma forgery are common. This is mainly due to the outdated method of issuing these documents using physical paper, despite the current era of digital development. The Brazilian government has launched an initiative to digitize certificates, but for now, only in Federal Universities. Blockchain is a technology that provides security and privacy, qualities that are very attractive to the academic environment. Bearing this problem in mind, this article proposes *Insignia*, a system for managing extracurricular activity certificates that uses blockchain. The system consists of two mobile applications: one for issuers to issue activity certificates; and another for students to check their activities.

Palavras-chave: Certificados, NFT, Blockchain, Hyperledger Firefly, Ethereum

Keywords: Certificates, NFT, Blockchain, Hyperledger Firefly, Ethereum

Recebido/Received: 23 Janeiro 2026 • Aceito/Accepted: 15 May 2026 • Publicado/Published: 12 June 2026

1 Introdução

Os certificados acadêmicos são documentos muito importantes para a vida de uma pessoa. Através desse documento, é possível atestar que alguém tem a capacitação necessária para realizar uma determinada atividade. A obtenção de um diploma abre portas para novas oportunidades de emprego: segundo uma pesquisa realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa de desemprego entre as pessoas que concluíram o ensino superior é apenas 6,3%, contra 14% para aqueles que não tem a graduação [Led, 2023].

Devido a importância destes documentos, não é incomum ouvir notícias de pessoas sendo surpreendidas por utilizarem diplomas e certificados falsos, com o intuito de usufruir de benefícios de alguém com um diploma real, além de casos de vendas desses diplomas. Um caso recente aconteceu na cidade de Curitiba, em que funcionários do Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos (CEEBJA) descobriram que golpistas, sem qualquer relação com a escola, estavam vendendo diplomas que tinham o nome da instituição [RPC, 2024].

Essa problemática se deve principalmente devido a forma obsoleta como as instituições de ensino emitem os certificados acadêmicos. A forma mais comum de haver essa emissão é através de um documento impresso, físico, que é entregue aos

estudantes. Outra forma comum é enviando esse documento pela internet no formato PDF. Porém, ambos os casos tem uma forma de verificação de autenticidade cara e demorada, uma vez que é necessário verificar cada certificado manualmente, o que abre brechas para as adversidades citadas anteriormente.

O Ministério da Educação (MEC) brasileiro, com o intuito de atualizar esse esquema de emissão de certificados, criou em 2018, o Diploma Digital [MEC, 2018], um documento totalmente digital para substituir o diploma tradicional, impresso. Nesse sistema, um diploma pode ter sua autenticidade verificada através do próprio *site* do MEC. Porém, até o presente momento, o Diploma Digital ainda está em processo de implantação e somente em instituições de ensino federais [MEC, 2018].

A *blockchain*, um “livro-razão” digital distribuído, imutável e transparente que registra dados em uma corrente de blocos, é uma tecnologia que ganhou popularidade com o surgimento das *criptomoedas*, principalmente a *Bitcoin*. Esta tecnologia trouxe consigo diversas qualidades atrativas para casos de uso nos quais a segurança e a privacidade são essenciais, atributos que podem ser explorados no contexto dos documentos acadêmicos. Fora do Brasil, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) foi um dos pioneiros a usar esta tecnologia para emissão de diplomas. Por meio de um *app* chamado *Blockcerts Wallet* [Durant and Trachy,

2017], os estudantes podem compartilhar os seus diplomas com empregadores, escolas, familiares e amigos.

Levando em consideração a problemática da obsolescência da emissão de diplomas e certificados, e a tecnologia *blockchain*, que pode ser utilizada para amenizar essa adversidade, este trabalho propõe o INSIGNIA. O INSIGNIA é um sistema para gerenciamento de atividades extracurriculares, que usa de uma *blockchain* para armazenar as emissões dos certificados dessas atividades.

O INSIGNIA manipula dados de uma rede *blockchain* Ethereum [Ethereum, 2018]. No sistema, as entidades emissoras usam de um aplicativo próprio para acessar o sistema e emitir os certificados de atividades (o INSIGNIA-EMISSORES). Em um outro aplicativo (o INSIGNIA-ESTUDANTES), discentes podem conferir as atividades do qual participaram, podendo, também, ver a carga horária total deste discente, levando em consideração o cálculo das horas das suas atividades.

O restante do trabalho está dividido da seguinte forma: A Seção 2 apresenta a Fundamentação Teórica. a Seção 3 exibe os Trabalhos Relacionados. A Seção 4 descreve detalhes da implementação do INSIGNIA. A Seção 5 expõe a Avaliação de Usabilidade do sistema. A Seção 6 apresenta os Resultados da Avaliação de Usabilidade. Por fim, A Seção 7 expõem a Conclusão e Trabalhos Futuros.

2 Fundamentação Teórica

Nesta seção, serão definidos alguns conceitos importantes para a correta compreensão da proposta deste trabalho.

O INSIGNIA utiliza *blockchain*. *Blockchain* é uma base de dados distribuída que registra transações de forma segura e imutável em uma corrente de blocos. Diferentemente dos bancos de dados convencionais, não são armazenados em servidores particulares e únicos, mas sim em cada computador participante da rede *peer-to-peer* (P2P) envolvida [do Rosário de Fátima Martins Ferreira *et al.*, 2024]. Esses dados ficam distribuídos em uma rede descentralizada, na qual cada nó da rede contém uma cópia dos dados. Uma *Blockchain* apresenta melhor segurança quando comparada com bancos de dados tradicionais, uma vez que os dados não podem ser alterados após serem armazenados. Diferentemente desses sistemas, que possuem um ponto central de armazenamento, a distribuição dos dados em uma rede de nós reduz as chances de ataques bem-sucedidos. Além disso, a existência de um mecanismo de consenso entre as partes torna necessário um grande gasto computacional para tentar “enganar” a rede, garantindo que alterações não autorizadas não sejam realizadas [Muscara *et al.*, 2023].

Para identificar os participantes da rede no INSIGNIA, são utilizados os *DIDs* (Identificadores Descentralizados¹). *DIDs* são identificadores que contêm informações sobre uma determinada pessoa ou organização, como chaves públicas (usado para assinar uma identidade digital), e *endpoints* daquela entidade (que permite a comunicação com a mesma). Com o uso das *endpoints*, os *DIDs* permitem um tipo de comunicação segura, privada e interoperável chamado de *DIDComm* [Windley, 2020].

Uma Identidade no INSIGNIA, representa uma parte que

está participando da rede. Cada parte, ao entrar na rede, detém uma identidade *on-chain* (a identidade dentro da *blockchain*) e *off-chain* (a identidade fora da *blockchain*). Estas identidades, respectivamente, servem como uma identidade lógica, que assina mensagens e *tokens*; e como uma instância de um conector de troca de dados [Firefly, 2024]. Cada identidade é descrita por um *DID* exclusivo.

Para representar os certificados das atividades, o INSIGNIA utiliza *tokens*. *Tokens* são unidades de valor que representam algo dentro de um sistema. Eles podem ser classificados como fungíveis e não-fungíveis. *Tokens* fungíveis são aqueles que podem ser substituídos por outro de mesma quantidade ou espécie (uma forma de compreender é pensar no dinheiro como um *token* fungível, em que uma cédula de R\$10,00 pode ser trocado por outra de R\$10,00, não havendo qualquer perda de dinheiro). Por sua vez, *tokens* não-fungíveis são aqueles que não podem ser divididos e são úteis para identificar e rastrear entidades únicas na rede [Firefly, 2024].

Carteiras², em uma rede de *blockchain*, são utilizadas para armazenar os *tokens* de seus respectivos donos. Cada membro tem sua própria carteira, podendo através dela receber e transferir *tokens* uns para os outros. No INSIGNIA, são nas carteiras dos discentes que são armazenados seus certificados de atividades.

3 Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta alguns trabalhos relacionados ao deste proposto, obtidos através de buscas *ad-hoc* usando o *Google Acadêmico*.

Em 2021, de Brito Souza *et al.* propuseram um sistema para geração e validação de diplomas e certificados digitais que utiliza a *blockchain* Ethereum e o *InterPlanetary File System* (IPFS). Neste sistema, é proposto a criação de um *smart contract* que gera os *tokens* que representam um diploma, sendo estes, *Tokens* não-fungíveis (NFTs). Nesse sistema, para os usuários acessarem, é utilizado uma aplicação *Web* [de Brito Souza *et al.*, 2021].

Alunos do Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP) da Universidade Federal do Ceará (UFC) discutiram a proposta do *Educ-Dapp* [Abreu *et al.*, 2022], um sistema que utiliza *blockchain* baseada em *Ethereum* para tratar dos certificados acadêmicos dos estudantes de Faculdades Superiores. Nesse protótipo, o governo registra no sistema as instituições de ensino que tem permissão para utilizar a aplicação, levando em consideração as regras definidas pelo Ministério da Educação - e, essas instituições, para poder registrar novos diplomas, acessam o sistema. Nesse momento, o sistema faz uma validação, verificando se a instituição possui o registro informado pelo governo. Aqui, usuários utilizam o sistema através de um *plugin* de *Browser* para acessar a rede *Ethereum*, que pode ser usado nos navegadores *Chrome* e *Firefox*.

Na Tanzânia, foi feito um estudo dos desafios enfrentados pelo sistema educacional do País, e então, para solucioná-los, foi proposto um modelo conceitual de um sistema baseado em *blockchain* [Said *et al.*, 2023] que, incorpora autoridades regulatórias que gerenciam o registro e a remoção de instituições emissoras no sistema, permitem a emissão e revogação

¹Do inglês: *Decentralized Identifiers*.

²Do inglês: *wallets*.

de certificados e permitem que terceiros verifiquem os certificados consultando diretamente na *blockchain*. Além disso, o sistema proposto facilita a emissão, revogação e verificação de declarações para pessoas que obtiveram certificados no exterior.

No trabalho de Ghazali *et al.* [Ghazali and Saleh, 2018] os autores afirmam que o crescimento do corpo discente e docente nas universidades no decorrer dos anos resultaram em desafios operacionais para os funcionários e outras equipes das universidades, e, devido a isso, fornecer serviços para grandes comunidades, tanto de estudantes, quanto para ex-alunos, se tornou uma tarefa enorme. Uma das tarefas afetadas negativamente foi justamente o processo de verificação de certificados educacionais. Tendo em vista essa problemática, no trabalho de Ghazali *et al.* é proposto um modelo teórico de uma potencial solução para a verificação de certificados acadêmicos utilizando a tecnologia *blockchain*, e um esquema de chaves públicas e privadas.

Em Portugal, foi proposto o CertEdu [Vidal *et al.*, 2020], desenvolvido pela Universidade Fernando Pessoa (UFP) e baseada na plataforma *Blockcerts* e permite a emissão, revogação, compartilhamento e verificação de certificados acadêmicos. O uso do *Blockcerts* permitiu ao CertEdu a capacidade de emitir documentos eletrônicos na *blockchain* (ao mesmo tempo na rede da *Bitcoin* e da *Ethereum*) e, posteriormente, possibilita que plataformas *web* obtenham os certificados utilizando o modelo do *JavaScript Object Notation* (JSON) e assim, podendo verificá-los na *blockchain*.

No Vietnã, foi construído o VECefblock (Blockchain de Certificação Educacional Vietnamita³) [Nguyen *et al.*, 2020], um protótipo que foi criado conforme as exigências acadêmicas do Vietnã. Este, foi planejado com o intuito de lidar com a problema de emissão de certificados falsos presente no país. Neste trabalho, uma *blockchain* foi implementada usando o *HYPERLEDGER FABRIC*, que foi configurada e implantada no serviço Amazon EC2. O restante da aplicação, por fim, foi escrito em Javascript, usando NodeJS.

A Tabela 1 apresenta a comparação entre algumas características dos sistemas dos trabalhos relacionados citados acima e o *INSIGNIA*, apresentado neste trabalho. Selecionou-se nove características descritas a seguir: (i) Se o trabalho é voltado para o meio acadêmico; (ii) o nível de desenvolvimento do projeto, usando o nível de desenvolvimento TRL⁴ [Diniz, 2021] – o nível 3, indicado na Tabela, refere-se aos trabalhos que houveram de fato a implementação do sistema; (iii) se a implementação utiliza uma rede *blockchain Ethereum* ou (iv) *Hyperledger Fabric*; (v) se há uma implementação de *front-end Mobile* ou (vi) *Web*; (vii) se o sistema tem a capacidade de exibir a carga horária total do estudante que usa o sistema; e (viii) se existe a funcionalidade de terceiros consultarem detalhes dos certificados e não apenas os estudantes donos dos certificados.

4 INSIGNIA

O *INSIGNIA* é um sistema para gerenciamento de atividades extracurriculares, desenvolvido para ser utilizado nos campi

³Do inglês: *Vietnamese Educational Certification blockchain*.

⁴Do inglês: *Technology Readiness Level*, uma métrica desenvolvida pela NASA para avaliar a maturidade de uma tecnologia ao longo de seu ciclo de desenvolvimento.

da UESPI. No sistema, existem dois tipos de atores: as entidades emissoras e as entidades discentes. Entidades emissoras de atividades podem utilizar do sistema para emitir e transferir os certificados de atividades para os discentes de forma segura, descentralizada e com a garantia de autenticidade, qualidades proporcionadas pelo uso de *blockchain* no sistema. Outras entidades que participam do sistema são os discentes, que podem, através do sistema, listar as atividades que foram emitidas para si, e também ver a sua carga horária total, levando em conta as suas atividades.

O sistema foi construído utilizando o *HYPERLEDGER FIREFLY*, um *framework* que facilita a criação e dimensionamento de aplicações *Web3* seguros [Firefly, 2024]. O *FIREFLY* facilita a comunicação com a rede *blockchain* selecionada, uma vez que ele direciona todas as interações necessárias com a rede através de uma Interface de Programação de Aplicações⁵ (*API*). Além disso, o *FIREFLY* conta com um sistema de organização de entidades participantes da rede, que é utilizado no *INSIGNIA*, e é detalhado nas Subseções a seguir.

Outra funcionalidade tornada mais fácil pelo *FIREFLY*, através do uso da *API*, e muito importante para o *INSIGNIA*, é a capacidade de transferência de *tokens* entre as entidades participantes da rede. Neste sistema, os *tokens* representam os certificados das atividades extracurriculares, e a funcionalidade de transferência de *tokens* corresponde à emissão das atividades de um entidade emissora para uma entidade discente.

A UESPI já conta com um sistema capaz de fazer o gerenciamento de atividades acadêmicas, chamado SIGAA (Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas). O *INSIGNIA*, ao trazer um sistema para gerenciamento de atividades, traz como diferencial o uso de *blockchain*, fato que traz vantagens que são difíceis de se alcançar em sistemas que usam de bancos de dados convencionais, como é o caso do SIGAA. Ao usar essa tecnologia, os registros dessas atividades são imutáveis, não podendo ser alterados após criados. Além disso, por usar *tokens*, cada atividade tem um rastreamento seguro dentro do sistema, isso é, permitindo identificar facilmente a entidade emissora.

É importante esclarecer também que, o *INSIGNIA*, apesar de ser desenvolvido conforme as regras de atividades extracurriculares da UESPI, pode, futuramente, ser adaptado para funcionar com as regras de outras instituições.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do *INSIGNIA* é apresentado na Subseção 4.1. Os requisitos do sistema são apresentados na Subseção 4.2. A organização das entidades que participam da rede, além da arquitetura geral do sistema são apresentados na Subseção 4.3. O Back-End e Front-End do sistema são apresentados, respectivamente, nas Subseções 4.4 e 4.5.

4.1 Metodologia

Esta seção descreve a metodologia utilizada tanto para o desenvolvimento do *INSIGNIA*, quanto para a escrita do presente artigo. Para este fim, foi utilizado a metodologia ágil *Scrum*, um *framework* criado por Ken Schwaber e Jeff Sutherland, que auxilia o desenvolvimento de trabalhos complexos [Sutherland, 2014]. Nesta metodologia, todo o trabalho é dividido

⁵Do inglês: *Application Programming Interface*.

Tabela 1. Tabela de características das sistemas.

Características	Sistemas						
	[DE BRITO SOUZA ET AL., 2021]	[ABREU ET AL., 2022]	[SAID ET AL., 2023]	[GHAZALI AND SALEH, 2018]	[VIDAL ET AL., 2020]	[NGUYEN ET AL., 2020]	INSIGNIA
É voltado pro meio acadêmico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nível de desenvolvimento TRL 3	✓				✓	✓	✓
Utiliza rede de <i>blockchain Ethereum</i>	✓	✓			✓		✓
Utiliza rede de <i>blockchain Hyperledger Fabric</i>						✓	
Tem aplicação <i>Mobile</i> para smartphone					✓		✓
Tem aplicação <i>Web</i> para navegador	✓	✓			✓		
Exibe a carga horária total do estudante							✓
Terceiros podem consultar os certificados	✓		✓	✓			

em pequenos ciclos chamados de *sprints*, e cada *sprint* é um período de tempo predefinido em que as tarefas devem ser realizadas. Tendo em mente as características do *Scrum*, o trabalho estimado necessário para a conclusão tanto do desenvolvimento do INSIGNIA, quanto deste artigo, foi dividido em *estórias de usuário*, ordenado por prioridade e então dividido em *sprints*, com duração de uma semana para a realização das tarefas.

O trabalho foi dividido em 3 fases de desenvolvimento, sendo estes o levantamento de requisitos, implementação e avaliação heurística. O levantamento é apresentado na Subseção 4.2. Detalhes da implementação são descritos no decorrer da Seção 4. A avaliação heurística é apresentada na Seção 5.

Para a conferência de informações e aprendizado sobre as regras das atividades extracurriculares na UESPI, lá chamada de AACC, foi utilizado o documento oficial fornecido pela UESPI para os estudantes, chamado *Resolução CEPEX 2021-02, Regulamento Geral das AACC*, de 10 de fevereiro de 2021. Neste documento, consta todas as regras a serem seguidas relacionadas às AACC na UESPI, abordando sobre as categorias de atividades permitidas, limite máximo de horas por categoria, entre outras informações, que foram utilizadas como base para a idealização e implementação das funcionalidades do INSIGNIA.

4.2 Requisitos do Sistema

Com o objetivo de desenvolver o sistema proposto, foi realizado inicialmente um levantamento dos requisitos necessários do mesmo, para que assim houvesse uma visão geral de todas as características e funcionalidades necessárias. Estes requisitos foram obtidos através das leituras de artigos de propostas semelhantes ao deste proposto, dos quais alguns foram citados nos Trabalhos Relacionados; e também através de um estudo do contexto da UESPI, em que verificou-se como o INSIGNIA poderia se encaixar no mesmo.

Para haver uma melhor apresentação e organização dos requisitos, foi utilizado o modelo de *estórias de usuário*, apresentado na Tabela 2. Através deste modelo, é possível dividir

cada um dos requisitos, definir uma ordem de prioridade e complexidade e também deixar claro os atores que necessitam de cada requisito.

4.3 Arquitetura

O HYPERLEDGER FIREFLY conta com um sistema de entidades, que é utilizado no INSIGNIA. Nele, cada parte que participa da rede deve primeiramente reivindicar uma identidade, que a representará dentro da rede do FIREFLY, e, portanto, no INSIGNIA. Uma vez reivindicada, essa parte recebe uma *carteira*, que a permite receber e transferir *tokens* para outras entidades participantes da rede [Firefly, 2024]. A forma como a funcionalidade das identidades e transferência de *tokens* é utilizada no INSIGNIA é descrita a seguir.

Na Figura 1 é descrita a organização das entidades que participam da rede do FIREFLY. Esta imagem mostra cada grupo de entidade existente. Cada departamento que participa na emissão/validação de atividades, segundo a *Resolução CEPEX 2021-02, Regulamento Geral das AACC*, está presente: Divisão de Controle Acadêmico e Diplomação (DCAD), Pró-Reitoria de Extensão, Assuntos Estudantis e Comunitários (PREX), Pró-Reitoria de Ensino de Graduação (PREG) e Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROP) [UESPI, 2021], em conjunto com as entidades que fazem parte de cada departamento. Estas entidades, ao se cadastrar no sistema como emissor, são alocados para um dos grupos de entidades citadas anteriormente. As entidades emissoras tem a capacidade de emitir *tokens* que representam um certificado de uma atividade extracurricular para uma ou mais entidades do grupo *Alunos*. Em relação ao cadastro de discentes, uma entidade, ao se cadastrar como discente, é alocado automaticamente ao grupo *Alunos*.

A arquitetura geral do INSIGNIA é descrita na Figura 2. Ela é composta por um Back-End, descrito na Seção 4.4 e um Front-End, apresentado na Seção 4.5.

Tabela 2. Requisitos descritos na forma de estórias de usuário.

#	Ator	Cenário	Estória	D	P	C
1	Emissor	Aplicativo	ES01: Eu, como emissor, quero criar uma conta no sistema com minha conta do Google.	-	Alta	13
2	Emissor	Aplicativo	ES02: Eu, como emissor, quero fazer login caso já tenha uma conta criada	1	Alta	3
3	Emissor	Aplicativo	ES03: Eu, como emissor, quero emitir uma atividade para um ou mais estudantes, repassando os dados para aquelas atividades.	1, 2	Alta	5
4	Estudante	Aplicativo	ES04: Eu, como estudante, quero criar uma conta no sistema com minha conta do Google.	-	Alta	13
5	Estudante	Aplicativo	ES05: Eu, como estudante, quero fazer login caso já tenha uma conta criada.	4	Alta	3
6	Estudante	Aplicativo	ES06: Eu, como estudante, quero ver as atividades emitidas para mim.	4, 5	Alta	5
7	Estudante	Aplicativo	ES07: Eu, como estudante, quero ver a carga horária total das minhas atividades, levando em consideração as regras de AACC da UESPI.	4	Média	5

D: Dependência; P: Prioridade; C:Complexidade.

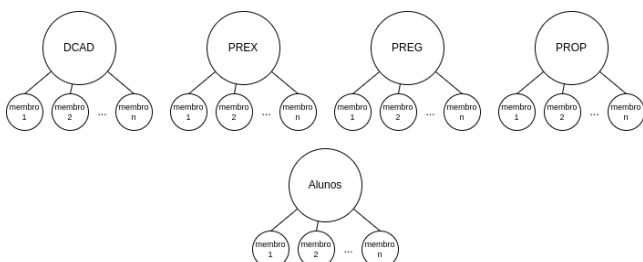


Figura 1. Organização das entidades da rede do Firefly.
Fonte: Autoria Própria

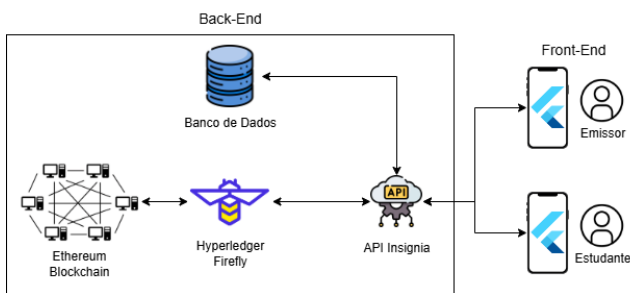


Figura 2. Arquitetura da Insignia.
Fonte: Autoria Própria

4.4 Back-End

O Back-End, neste protótipo, é um único servidor, e é composto pela *blockchain*, um Banco de Dados externo, o HYPERLEDGER FIREFLY e a API INSIGNIA. A *blockchain*, baseada em *Ethereum*, é responsável pelo armazenamento das transferências de *tokens* realizadas. Ao Banco de Dados é atribuído a função de armazenar as informações confidenciais sobre os usuários e das atividades emitidas. O HYPERLEDGER FIREFLY é o responsável pela comunicação com essa *blockchain*. Por meio dele, o sistema pode receber as informações inseridas na *blockchain* através da API do FIREFLY. Por fim, a API INSIGNIA têm as rotas utilizadas pelas aplicações *mobile* para o gerenciamento das atividades extracurriculares. Cada um destes componentes são apresentados nas subseções a seguir.

4.4.1 Blockchain Ethereum

Para registrar de forma segura as emissões das atividades extracurriculares, neste protótipo, o INSIGNIA usa uma *blockchain* baseada em *Ethereum*, criada automaticamente e gerenciada pelo HYPERLEDGER FIREFLY. A *blockchain* é criada

localmente utilizando o Docker, uma plataforma que permite executar diferentes aplicações de forma isolada uma das outras, em ambientes chamados de *contêineres* [Docker, 2024], o que é usado, nesse protótipo, para simular a rede de *blockchain* em um único computador.

Esta *blockchain* é criada tendo um número de nós exatamente igual ao número de grupos de entidades que participam da rede do HYPERLEDGER FIREFLY, ou seja, nesse sistema existe 5 nós de *blockchain* (para DCAD, PREX, PREG, PROP e Alunos). Uma *blockchain* baseada em *Ethereum* usa o algoritmo de consenso *Prova de Participação*⁶(PoS), em que, para garantir a integridade dos blocos na rede, um participante é escolhido aleatoriamente para ser o responsável por criar um novo bloco e o enviar aos outros nós da rede. Depois disso, uma outra parte dos participantes são escolhidos, também de forma aleatória, cujos seus votos são usados para determinar a validade do bloco que está sendo proposto [Ethereum, 2024].

Uma necessidade ao usar *tokens* em uma *blockchain* de *Ethereum* é escolher um padrão de *tokens* a ser utilizado. Neste protótipo, uma vez que os *tokens* que representam os certificados das atividades extracurriculares são *Tokens* não-fungíveis (NFTs), é utilizado o padrão *ERC-721*, escolhido automaticamente pelo FIREFLY [Firefly, 2024]. Este padrão permite que os usuários possuam, transfiram e gerenciem *tokens* únicos [Coinbase, 2024], características essenciais para a realização deste protótipo.

Dentro do ciclo de vida de um *token*, seja este fungível ou não, além dos passos que são explorados nesse sistema (criação e transferência), existe um outro passo que não é utilizado: a queima⁷ dos *tokens*. Nesse sistema, como não existe um caso em que uma atividade extracurricular deixe de existir ou perca sua validade, essa etapa do ciclo de vida do *token* não é utilizada.

4.4.2 HYPERLEDGER FIREFLY

O HYPERLEDGER FIREFLY, neste protótipo, é responsável pela comunicação entre a API INSIGNIA e a *blockchain*. O FIREFLY resume toda a comunicação em apenas um conjunto de *endpoints*, em uma API, que pode ser usada para manipular a *blockchain*, gerenciar os *tokens* no sistema e administrar as

⁶Do inglês: *Proof of Stake*.

⁷Do inglês: *Burn*.

identidades das entidades participantes da rede. Além disso, a HYPERLEDGER fornece uma biblioteca chamada Firefly SDK, que permite facilitar o desenvolvimento de aplicações, transformando as chamadas à API do FIREFLY em funções da linguagem Typescript, a linguagem utilizada no desenvolvimento desse sistema.

A Tabela 3 apresenta as funções do Firefly SDK, fornecidas pelo HYPERLEDGER FIREFLY que são usadas no INSIGNIA.

Tabela 3. Descrição das funções disponibilizadas pelo Firefly SDK.

Endpoints
<code>getIdentities()</code> : Lista todas as identidades da rede, usada para verificar existência de entidades discentes para que estes possam receber uma emissão de atividade.
<code>createIdentity()</code> : Cria uma nova entidade na rede, seja ele uma entidade emissor/validador de atividades, ou discente.
<code>createTokenPool()</code> : Usado pelas entidades emissores/validadores para criar um novo <i>Pool</i> de tokens, que representam um esquema para novas atividades.
<code>mintTokens()</code> : Usado pelas entidades emissores/validadores para, de fato, emitir novos <i>tokens</i> , que representam atividades, para um discente, de acordo com um <i>Pool</i> criado anteriormente.
<code>getTokenTransfers()</code> : Usado pelas entidades discentes para listar os <i>tokens</i> na sua carteira, e, a partir disso, as suas atividades.

4.4.3 Banco de Dados

O INSIGNIA utiliza uma *blockchain* baseada em *Ethereum*, uma *blockchain* pública, por este motivo, os dados nela inseridos são visíveis para quaisquer participantes da rede. O sistema precisa lidar com informações que podem ser consideradas confidenciais, como nome e número de matrícula dos estudantes, além de dados relacionados às atividades. Essas informações precisam ser armazenadas de forma mais confidencial. Em razão disso, faz-se necessário a implementação de um Banco de Dados, externo à *blockchain*, para armazenar esses dados. Foi utilizado aqui, um banco de dados SQLite com tabelas para os estudantes, para os emissores e para as atividades extracurriculares.

Para manter a autenticidade das atividades emitidas, a *blockchain* continua armazenando as transferências de *Tokens* de Emissor para Estudante, e, no Banco de Dados, a transferência do *Token* é associada às informações dessa atividade, que estão na tabela de atividades. Isso é feito através da coluna *TokenID*, no Banco de Dados.

4.4.4 API INSIGNIA

Se comunicando com a API do FIREFLY, através do Firefly SDK, está a API INSIGNIA, que une e organiza as respostas da API do FIREFLY de forma a se alinhar com os requisitos do sistema. O Servidor, desenvolvido utilizando NodeJS, usando a linguagem Typescript, é responsável por organizar as interações realizadas com a API do FIREFLY em uma nova API, cujos *endpoints* são descritos na Tabela 4.

A API INSIGNIA contém *endpoints* para a criação de novos usuários no sistema (seja ele um novo discente, ou um novo emissor/validador de atividades); a listagem das atividades, para aqueles que se cadastraram no sistema como discente, do qual poderá ver apenas as suas atividades; um

resumo da carga horária obtida por um discente, que mostra as horas divididas por categoria de AACC; e para a emissão de novas atividades por usuários cadastrados como emissores no INSIGNIA, permitindo a definição das informações da atividade de acordo com os dados apresentados na Tabela 5.

4.5 Front-End

Para a interface gráfica, foi desenvolvido duas aplicações *mobile* usando o *framework* FLUTTER, que utiliza a linguagem Dart. Foram criados dois aplicativos, um para o emissor, responsável por emitir as atividades extracurriculares para os discentes, chamado de INSIGNIA-EMISSORES; e outro para o discente, encarregado por listar as atividades emitidas e carga horária, por sua vez chamado de INSIGNIA-ESTUDANTES.

Na UESPI, todos os discentes, ao se matricularem, recebem um e-mail institucional com domínio *aluno.uespi.br*, com acesso através do GMAIL, do Google. Tendo isso em mente, tanto a aplicação de discente, quanto do emissor contam com um sistema de login usando a conta do Google, realizada com o auxílio das bibliotecas do FLUTTER *google_sign_in* e *firebase_auth*. Através dessas bibliotecas é possível se obter o e-mail da conta do Google do usuário logado, necessária para fazer as interações com o Back-End do sistema. As Subseções a seguir detalham cada uma das aplicações do INSIGNIA.

4.5.1 INSIGNIA-EMISSORES

As Figuras 3 e 4 apresentam as telas do aplicativo para emissor. Este *app* é composto com uma tela de login, que realiza a autenticação com o Google, permitindo que o INSIGNIA resgate informações necessárias para representar o indivíduo na rede, como e-mail e nome completo. Além disso, ao entrar na aplicação pela primeira vez, o usuário tem a capacidade de escolher a qual departamento este pertence.

Autenticado, o usuário emissor agora tem a capacidade de emitir um novo certificado de atividade, ao pressionar o botão "Emitir novo certificado", na tela inicial. Este botão leva a uma nova tela na qual o emissor pode inserir todas as informações relacionadas a esta nova atividade: título da atividade; quantidade de horas que esta atividade valerá; a categoria da atividade, informação necessária para realizar os cálculos de carga horária total, além de outras informações que podem ser necessárias, dependendo da categoria; um campo para comentários extras, se necessário; escolher se esta atividade foi emitida diretamente pelo seu departamento da UESPI ou por algum outro órgão de emissão, externo à UESPI (por exemplo, é possível inserir um certificado emitido pela *Udemy*); a data de emissão da atividade; e a qual ou quais discentes esta atividade deve ser emitida.

Tendo todas essas informações, a aplicação INSIGNIA-EMISSORES pode se comunicar com a API INSIGNIA, para enfim gerar os *tokens* relacionados a esta atividade e enviar aos discentes escolhidos.

Por questões de segurança, não deve ser possível pessoas de fora dos departamentos da UESPI usarem o aplicativo. Por esse motivo, o *Insignia para Emissores* conta com uma verificação que, ao tentar realizar o login, valida se o e-mail utilizado na autenticação pertence ao *domínio* dos departamentos. Caso contrário, o aplicativo impede a autenticação e o uso do sistema.

Tabela 4. Descrição das rotas da API INSIGNIA.

Método	Endpoint	Descrição
POST	URLBASE/register-issuer	Rota para registrar novo emissor de atividades.
GET	URLBASE/students	Rota para listar os discentes cadastrados, usado pelo emissor para escolher para quem ele irá emitir uma atividade.
POST	URLBASE/issue-certificates	Rota para emitir um certificado de atividade para um ou mais discentes.
POST	URLBASE/register-student	Rota para registrar um novo discente.
GET	URLBASE/certificates/:email	Rota para listar as atividades do discente, de acordo com o e-mail informado.
GET	URLBASE/hours/:email	Retorna as estatísticas relacionadas as categorias de AACC, com a carga horária total de cada categoria, de acordo com o e-mail informado.

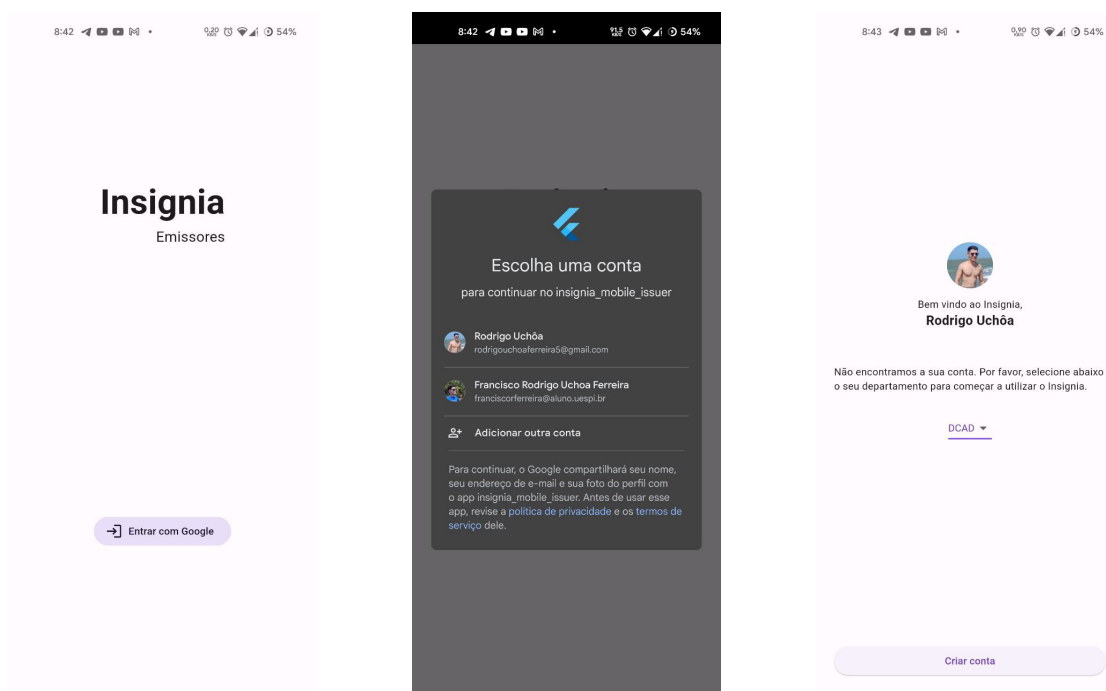


Figura 3. Telas da autenticação do INSIGNIA-EMISSORES.

Fonte: Autoria Própria

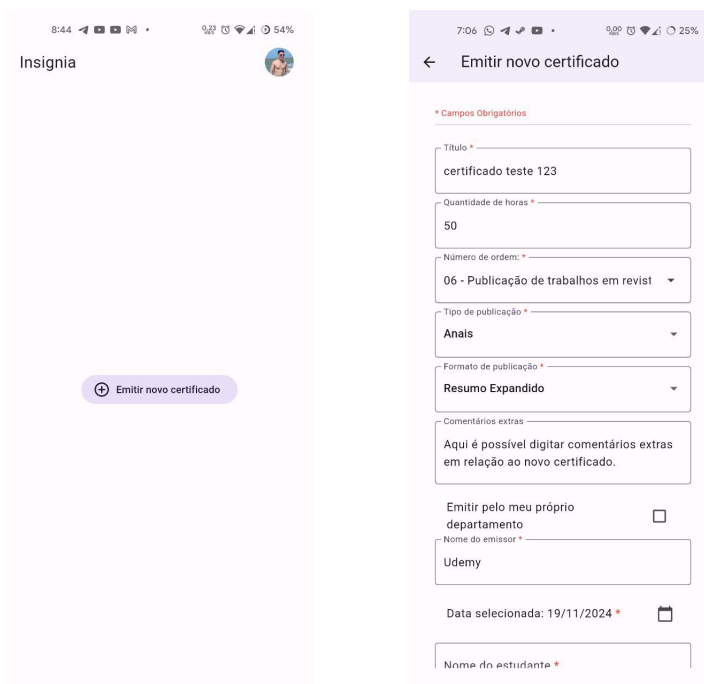


Figura 4. Telas da uso da aplicação INSIGNIA-EMISSORES.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 5. Descrição das informações contidas em uma atividade extracurricular no sistema.

Informação	Descrição
title	Título da atividade.
studentName	Nome completo do discente dono desta atividade.
hours	Carga horária da atividade.
issuerName	Nome da organização que emitiu a atividade.
issuedAt	Data em que houve a emissão desta atividade.
orderNumber	Referente a categoria de AACC do qual a atividade pertence, no <i>Regulamento Geral das AACC</i> , chamado de <i>número de ordem</i> .
extraInfo	Armazena qualquer informação extra que a atividade pode ter, dependendo do <i>orderNumber</i> .
extraComments	Espaço para adicionar comentários extras.

4.5.2 INSIGNIA-ESTUDANTES

As Figuras 5 e 6 expõem as telas da aplicação do Estudante. Assim, como o INSIGNIA-EMISSORES, este aplicativo também conta com um sistema de login com o Google, funcionando de forma similar a aplicação anterior.

Ao se autenticar no INSIGNIA-ESTUDANTES, na tela inicial, o discente pode ver uma lista com todas as atividades que foram emitidas para si. Nesta lista é possível ver de forma compacta algumas informações relacionadas a cada atividade como o título da atividade, nome do emissor, data e quantidade de horas. Nesta mesma tela, também é possível buscar dentre as atividades, usando a barra de pesquisa, além de ser possível filtrar as atividades pelo nome do departamento emissor/validador. Além disso, aqui, também é possível ver a soma da carga horária total do discente. Ao pressionar em um dos itens da lista, é exibido mais informações a respeito daquela atividade, como o *id* do *token* relacionado àquela atividade, o nome do departamento que validou aquela atividade e também a data de emissão.

Na tela inicial, ao pressionar no botão da carga horária total, o estudante pode ver todas as estatísticas relacionadas a carga horária total. Aqui, é exibido cada uma das categorias de AACCs existentes, junto com a carga horária que ele tem em cada uma destas categorias. Usando destas informações, o aplicativo pode exibir, nesta mesma tela, a carga horária total que o estudante obteve.

Assim como a aplicação do emissor, o INSIGNIA-ESTUDANTES também necessita de uma verificação de segurança, para garantir que apenas discentes da UESPI acessem o mesmo. Devido a isso, o aplicativo conta com uma verificação que, durante a autenticação, valida se o e-mail utilizado para acessar a aplicação pertence ao *domínio* de discentes da UESPI. Caso não faça parte, é negado ao usuário a permissão de autenticar e usar o aplicativo.

Em relação às dimensões do sistema, o INSIGNIA é composto por três repositórios, um back-end: (INSIGNIA-SERVER) e dois front-end: (INSIGNIA-EMISSORES e INSIGNIA-ESTUDANTES). O back-end é composto por cerca de 15 arquivos, totalizando 1250 linhas de código. O front-end, possui aproximadamente 15 arquivos em cada aplicação e 1400 linhas no aplicativo de emissores e 1600 linhas no aplicativo de estudantes. Essa organização reflete a separação

de responsabilidades entre as diferentes camadas e funcionalidades do sistema.

O desenvolvimento do sistema levou aproximadamente 34 semanas, totalizando cerca de 180 a 220 horas de trabalho, dividido entre as três etapas de desenvolvimento, mencionadas anteriormente.

5 Avaliação

Para verificar a qualidade da interface do usuários das duas aplicações do INSIGNIA, foi realizado uma avaliação de usabilidade do sistema. Para este fim, foi utilizado dois métodos diferentes, sendo eles o *Checklist* de Usabilidade e a Heurística de Usabilidade, apresentados a seguir.

Checklist de Usabilidade: O *Checklist* de Usabilidade se refere a uma lista de questões de usabilidade, do qual uma aplicação *mobile* ou *web* pode ou não satisfazer. A partir disso, é possível se obter uma pontuação que avaliará a aplicação. Para realizar essa avaliação, foi utilizado o *site* SAPO UX⁸. O *site* tem questionários diferentes para aplicações *web* ou *mobile*. Como o INSIGNIA conta apenas com aplicações *mobile*, foi usado somente este último para a avaliação, composto por 25 questões.

Heurísticas de Usabilidade: Jakob Nielsen descreveu em seu livro “*Usability Engineering*”, as Heurísticas de Nielsen. Trata-se de 10 heurísticas com o propósito de ajudar a projetar uma boa interface de usuário para uma aplicação, e que também podem ser usados para encontrar problemas que devem ser corrigidos, além de também expor uma escala de severidade [Nielsen, 1994]. Para fazer a avaliação da Heurística de Usabilidade, foram utilizadas as informações das Heurísticas de Nielsen e a escala de severidade.

6 Resultados

Nesta Seção são abordados os resultados obtidos das avaliações de usabilidades abordadas na Seção 5. Os resultados do *Checklist* de Usabilidade e da Heurística de Usabilidade são apresentados, respectivamente, na Subseções 6.1 e 6.2.

6.1 Checklist de Usabilidade

Por meio do *checklist* do *site* SAPO UX, foi possível testar a usabilidade dos aplicativos *mobile* do INSIGNIA, e assim obter-se as seguintes conclusões: As duas aplicações de forma geral satisfazem as questões apresentadas pelo site, obtendo uma pontuação de 20 pontos de 25 questões. Das cinco questões que não foram satisfeitas, duas não se aplicam às responsabilidades do INSIGNIA, já que elas tratam de exibição de conteúdo multimídia e compartilhamento em redes sociais.

Sendo assim, foram identificados os três seguintes problemas através da *checklist*: No aplicativo do Emissor, no formulário de emissão de atividade, não há uma forma de o usuário saber quais campos são obrigatórios serem preenchidos e quais não são; Mensagens de erros ao emitir a atividade são sempre apresentados na parte inferior da tela, e não próximo do campo que causou o erro; Falta de testes em *smartphones* de diferentes tamanhos de tela.

Todos os problemas foram corrigidos: No problema relacionado ao formulário de emissão de atividade, foi adicionado

⁸Disponível em <https://ux.sapo.pt/>.

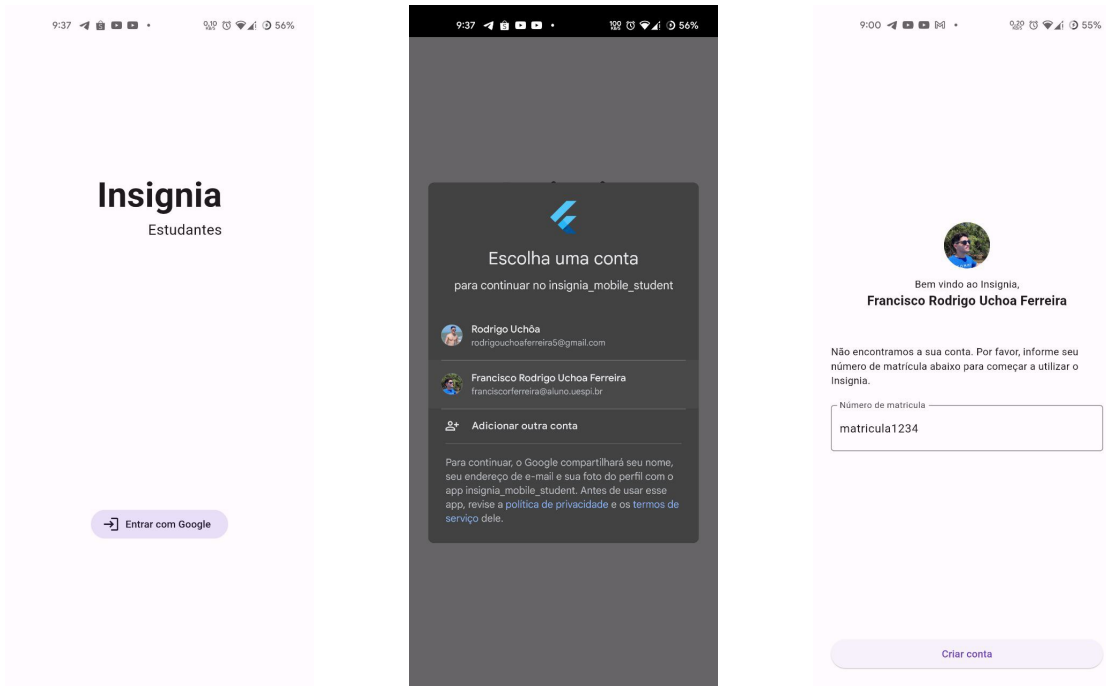


Figura 5. Telas da autenticação do INSIGNIA-ESTUDANTES.

Fonte: Autoria Própria

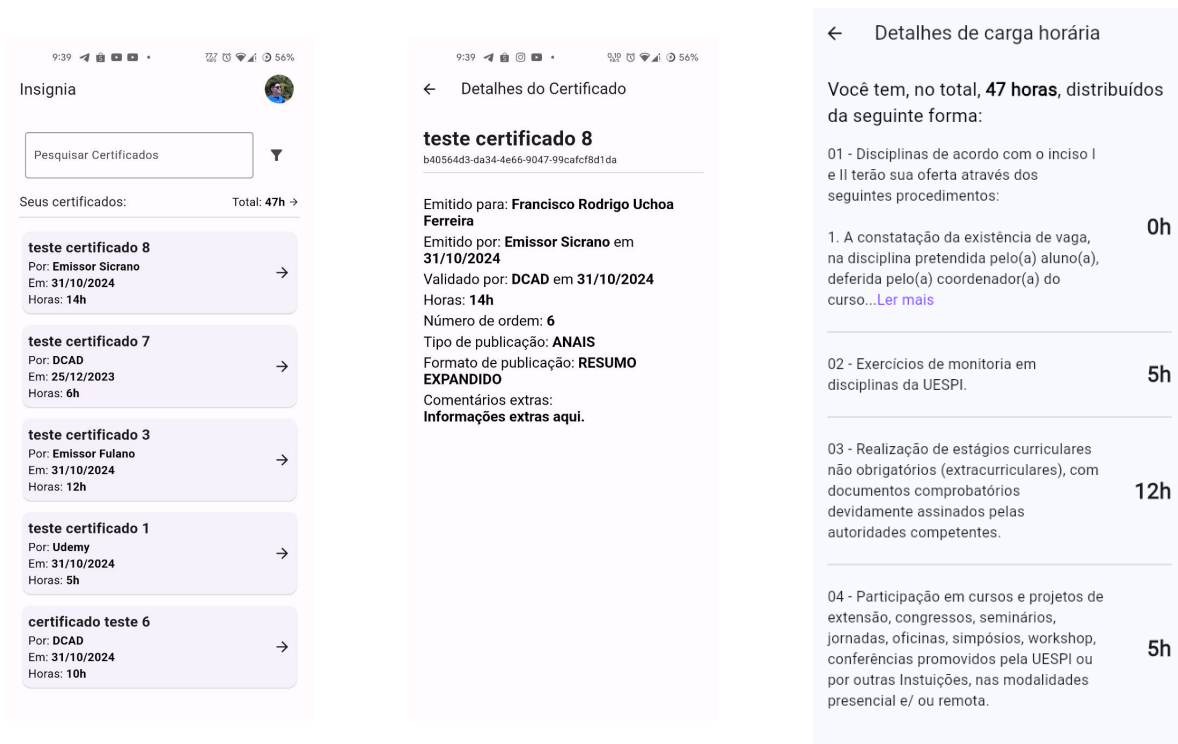


Figura 6. Telas da uso da aplicação do INSIGNIA-ESTUDANTES.

Fonte: Autoria Própria

um asterisco vermelho a esses campos, sinalizando quais são de preenchimento obrigatório; Mensagens de possíveis erros agora aparecem em um *SnackBar*, um componente do *FLUTTER* comumente usado para exibir mensagens ao usuário; Em relação aos testes em *smartphones* de diferentes tamanhos de tela, foram testados ambos as aplicações em um *tablet*, e, apesar de não haver uma estruturação específica para este tipo de tela, as aplicações, da forma que estão, não apresentaram prejuízo algum comparadas as capturas de tela exibidas

anteriormente.

6.2 Heurística de Usabilidade

Com a ajuda das Heurística de Nielsen foi possível encontrar problemas nas aplicações *mobile* do INSIGNIA, que são apresentados na Tabela 6. Descrições de cada heurística violada e a severidade dessa violação se encontram na legenda desta tabela. Todos os problemas foram corrigidos.

Tabela 6. Análise heurística do sistema.

Problema	Violação	Severidade	Descrição
Descrições de categorias de AACC muito grande	H04, H02	S01	Diminuir o texto das categorias de atividade extracurricular, na tela de detalhes da carga horária.
Mensagens de erro ao emitir atividade	H04, H06	S02	Mensagens de erro na hora de emitir atividade não está muito claro.
Mensagem de erro incorreta ao tentar criar conta no INSIGNIA	H05, H06	S02	Ao tentar criar uma conta com um e-mail que já existe, retorna erro dizendo que já existe o “GoogleUID” informado, invés de “e-mail” informado.
Erro ao criar atividade com nomes repetidos	H04, H06, H07, H09, H10	S04	O FIREFLY não permite a criação de mais de um <i>token</i> com mesmo nome, o que impede de haver duas atividades no INSIGNIA com nome igual.

Violações: H02: Evitar que o usuário tenha que pensar se ações ou situações diferentes significam a mesma coisa; H04: Evita o uso de informações irrelevantes; H06: Utilizar linguagem simples para apresentar os erros e mostrar como contorná-los; H07: Oferece saída de emergência, permitindo que os usuários saiam facilmente de situações inesperadas; H09: Prevenir a ocorrência de erros; H10: Fornece informações que podem ser facilmente encontradas e orienta os usuários.

Severidades: S01: Problema cosmético ou superficial; S02: Problema de usabilidade pequeno; S04: Problema de usabilidade crítico.

7 Conclusão e trabalhos futuros

Este trabalho teve como objetivo construir um sistema para gerenciamento de atividades extracurriculares para a UESPI, na mesma, chamada de AACC, que trouxesse mais segurança, privacidade e autenticidade ao se manipular essas atividades. Para esse fim, foi utilizado uma *blockchain* baseada em *Ethereum*, que torna possível alcançar todas essas características. O INSIGNIA é composto por dois aplicativos *mobile*, um para Emissores emitirem e aprovarem as atividades; e outro para Estudantes, em que estes podem verificar suas atividades, além de poderem conferir a carga horária acumulado pelo mesmo no momento.

O INSIGNIA tem o potencial de futuramente ser usado pelas universidades para fazer o gerenciamento dos atividades e diplomas de forma segura e autêntica, ao se usar uma *blockchain*, características difíceis de se alcançar ao se usar Bancos de Dados convencionais, como utiliza o SIGAA. Através da Avaliação realizada usando o *Checklist* de Usabilidade e as Heurísticas de Usabilidade, foi possível notar que é possível trazer melhorias às aplicações do INSIGNIA, e assim trazer uma experiência mais agradável aos usuários.

Como trabalhos futuros novas funcionalidades podem ser implementadas. Para trazer mais segurança, o sistema poderia ter uma integração com a *API* do Google Workspace, e, através dele, somente permitir autenticar no sistema alguns e-mails específicos, que devem ter o poder de gerenciar o sistema, e não todos aqueles que fazer parte do *domínio* dos departamentos ou dos discentes. Outra funcionalidade, que poderia melhorar a experiência do usuário, é haver a implementação *web*, do INSIGNIA, não havendo somente as aplicações *mobile*. Outra funcionalidade significativa, seria a capacidade de o estudante enviar, através da própria plataforma do INSIGNIA, os documentos comprobatórios de uma atividade extracurricular, sejam essas atividades externas à UESPI ou não; e então, também pelo próprio sistema, os usuários dos departamentos possam validar ou não essa atividade.

Declarações complementares

Contribuições dos autores

FRUF é o principal contribuidor e escritor deste manuscrito e contribuiu para a curadoria dos dados, investigação, software e escrita – rascunho original. ARS contribuiu para a concepção, metodolo-

gia, supervisão e escrita – revisão e edição, deste estudo. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Conflitos de interesse

Os autores declaram que não têm nenhum conflito de interesses.

Disponibilidade de dados e materiais

Os conjuntos de dados (e/ou softwares) gerados e/ou analisados durante o estudo atual serão feitos mediante solicitação.

Referências

- Abreu, A. W., Coutinho, E. F., Bezerra, W., Maia, D., Gomes, A. N., and Santos, I. (2022). Analyzing a blockchain application for the educational domain from the perspective of a software ecosystem. 2022: *Anais Do III Workshop Sobre As Implicações Da Computação Na Sociedade*. DOI: 10.5753/wics.2022.223067.
- Coinbase (2024). O que é *erc-721*? Disponível em: <https://www.coinbase.com/pt-br/learn/crypto-glossary/what-is-erc-721> (Acesso em 25/08/2024).
- de Brito Souza, E., Carneiro, E., and Coutinho, A. (2021). Geração e validação de diplomas e certificados utilizando *blockchain* pública. *Workshop Em Blockchain Teoria Tecnologias E Aplicações (Wblockchain)*. DOI: 10.5753/wblockchain.2021.17128.
- Diniz, M. C. (2021). Nível de maturidade tecnológica (*trl/mrl*). Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/nit/portfolio-tecnologico/nivel-de-maturidade-tecnologica> (Acesso em 11/11/2024).
- do Rosário de Fátima Martins Ferreira, M., de Moura Ribeiro, B. F., Santos, A. R., and de Andrade Lira Rabêlo, R. (2024). Construindo aplicações baseadas em *blockchain* com o *hyperledger firefly*. *XVI Encontro Unificado de Computação do Piauí (ENUCOMPI)*. DOI: 10.5753/sbc.15202.5.1.
- Docker (2024). What is docker? | docker docs. Disponível em: <https://docs.docker.com/get-started/docker-overview/> (Acesso em 03/09/2024).
- Durant, E. and Trachy, A. (2017). Digital diploma debuts at MIT. Disponível em: <https://abrir.link/nXrHu> (Acesso em 07/06/2024).
- Ethereum (2024). Proof-of-stack (pos) | ethereum.org. Dispo-

- nível em: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/> (Acesso em 03/09/2024).
- Ethereum, C. (2018). Ethereum. Disponível em: <https://ethereum.org/pt-br/> (Acesso em 10/04/2026).
- Firefly (2024). Hyperledger firefly - documentation. Disponível em: <https://hyperledger.github.io/firefly/latest/> (Acesso em 28/02/2024).
- Ghazali, O. and Saleh, O. S. (2018). A graduation certificate verification model via utilization of the blockchain technology. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*. Disponível em: <https://jtec.utm.edu.my/jtec/article/view/4707>.
- Led, M. (2023). Diploma de ensino superior garante vantagem competitiva aos profissionais. Disponível em: <https://abrir.link/stFOD> (Acesso em 29/05/2024).
- MEC (2018). Diploma digital. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/diplomadigital/> (Acesso em 29/05/2024).
- Muscara, B., Lee, E., Bennett, K., and Santos, R. (2023). Blockchain: Understanding its uses and implications. Disponível em: <https://www.edx.org/course/blockchain-understanding-its-uses-and%2Dimplications> (Acesso em 01/03/2023).
- Nguyen, B. M., Dao, T.-C., and Do, B.-L. (2020). Towards a blockchain-based certificate authentication system in vietnam. *PeerJ Computer Science*. DOI: 10.7717/peerj-cs.266.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers.
- RPC (2024). Escola descobre que golpistas vendem diplomas falsos por até r\$ 400 com o nome da instituição. Disponível em: <https://abrir.link/kkeGp> (Acesso em 29/05/2024).
- Said, S. H., Dida, M. A., Kosia, E. M., and Sinde, R. S. (2023). A blockchain-based conceptual model to address educational certificate verification challenges in tanzania. *Eng. Technol. Appl. Sci. Res. - Vol. 13 No. 5 (2023): October, 2023*. DOI: 10.48084/etasr.6170.
- Sutherland, J. (2014). *Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*. Leya Brasil.
- UESPI (2021). Resolução cepex 002/2021. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1Ah0Ir4BxI7-vyeNjEyZeZfbmSaExVLUH/view?usp=drive_link (Acesso em 20/03/2024).
- Vidal, F. R., Gouveia, F., and Soares, C. (2020). Blockchain application in higher education diploma management and results analysis. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. DOI: 10.25046/aj0506104.
- Windley, P. (2020). Didcomm and the self-sovereign internet. Disponível em: https://www.windley.com/archives/2020/11/didcomm_and_the_self-sovereign_internet.shtml (Acesso em 24/06/2023).