

PROTOTIPAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO PARA CONTROLE E RASTREABILIDADE DE PRODUTOS ORGÂNICOS COM BASE NA TECNOLOGIA DE *QR CODE* E O FRAMEWORK LARAVEL

Luis Felipe Ceron Bellé¹, Luciano Antunes²

Resumo: A rastreabilidade de produtos orgânicos representa um desafio para produtores e consumidores, principalmente pela dificuldade de acesso a informações confiáveis sobre a origem e o percurso dos alimentos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação *web* voltada ao controle e à rastreabilidade de produtos orgânicos, utilizando o *framework* Laravel e a tecnologia de *QR Code*. O sistema foi projetado para permitir o cadastro e gerenciamento de produtores, produtos e movimentações, associando cada item a um código único que facilita o acesso público às informações. A pesquisa buscou comprovar que a adoção de uma solução digital pode otimizar o armazenamento de dados e ampliar a transparência na cadeia produtiva. Como resultado, foi possível demonstrar a viabilidade técnica do protótipo e seu potencial para fortalecer a confiança do consumidor e melhorar o fluxo de informações entre os agentes envolvidos na produção orgânica.

Palavras-chave: rastreabilidade; produtos orgânicos; QR code; laravel; aplicação *web*.

¹Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), luisfelipebelle10@gmail.com

²Orientador. Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), luc@unesc.net

ABSTRACT: The traceability of organic products represents a challenge for both producers and consumers, mainly due to the difficulty of accessing reliable information about the origin and distribution of food. This study presents the development of a web application designed for the control and traceability of organic products, using the Laravel framework and QR Code technology. The system was built to enable the registration and management of producers, products, and transactions, associating each item with a unique code that allows public access to its data. The research aimed to demonstrate that adopting a digital solution can optimize data storage and enhance transparency within the production chain. As a result, the study proved the technical feasibility of the prototype and its potential to strengthen consumer confidence and improve information flow among stakeholders in organic production.

Keywords: traceability; organic products; QR code; laravel; web application.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação dos consumidores com a segurança alimentar ganhou destaque a partir da década de 1990, especialmente após a divulgação de surtos de doenças associadas ao consumo de alimentos contaminados, como a carne bovina. Esse cenário impulsionou a adoção de regulamentações mais rígidas, principalmente na União Europeia, impactando o comércio global e influenciando práticas em outros países (Almeida et al., 2019).

Paralelamente, observou-se um avanço expressivo na produção e consumo de produtos orgânicos. Entre 2000 e 2017, o mercado global desses produtos cresceu mais de 500%, passando de € 15 bilhões para € 92,1 bilhões em valor comercial, e de 15 milhões para quase 70 milhões de hectares destinados à produção orgânica, com destaque para a América Latina (Lima et al., 2020).

Diante desse cenário de expansão e exigência por mais transparência, a rastreabilidade na produção agrícola tornou-se um aspecto estratégico. No Brasil, regulamentações como a Instrução Normativa Conjunta n.º 2/2018 da ANVISA, posteriormente alterada pela INC n.º 1/2019, estabeleceram diretrizes para o monitoramento de produtos vegetais frescos, com foco no controle de resíduos de agrotóxicos e na padronização de registros ao longo da cadeia produtiva (MS, 2018).

Apesar disso, muitos pequenos produtores orgânicos, especialmente os ligados à agricultura familiar e certificados por sistemas participativos como a Rede Ecovida, ainda utilizam métodos manuais para registrar suas atividades. Esses registros, baseados em cadernos de campo e planilhas físicas, apresentam vulnerabilidades como a perda de dados, dificuldades de análise e limitação no compartilhamento das informações com outros elos da cadeia produtiva (Ecovida, 2018).

Com a evolução tecnológica e a digitalização de processos no agronegócio, surge a necessidade de ferramentas acessíveis que atendam à realidade desses agricultores. Soluções existentes, voltadas geralmente para grandes produtores ou intermediários, nem sempre contemplam os desafios enfrentados pelas pequenas propriedades, como restrições de acesso à tecnologia e baixo nível de digitalização.

Diversos estudos têm abordado a importância da rastreabilidade na cadeia produtiva de alimentos e os desafios relacionados à sua implementação em diferentes contextos. O trabalho desenvolvido por Almeida et al. (2019), intitulado Sistema de rastreabilidade na bovinocultura brasileira: condições e benefícios, analisou o uso da rastreabilidade na produção de carne bovina no Brasil, destacando o papel do Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV). O estudo evidenciou que a adoção dessa tecnologia foi impulsionada pelas exigências do mercado europeu, principalmente após crises sanitárias na década de 1990, e proporcionou avanços significativos no controle sanitário, gestão do rebanho e segurança alimentar. Contudo, também apontou desafios como altos custos de implantação e dificuldades de adesão por pequenos produtores, ressaltando a necessidade de soluções tecnológicas mais acessíveis e adaptadas à realidade do campo brasileiro (Almeida et al., 2019).

Seguindo uma abordagem tecnológica mais avançada, o trabalho de Wang et al. (2021), intitulado *Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability*, propôs um sistema de rastreabilidade baseado em *blockchain* e contratos inteligentes para cadeias de suprimentos agrícolas. A solução foi desenvolvida sobre a plataforma *Hyperledger Fabric*, integrando o uso do *IPFS* (InterPlanetary File System) para armazenamento descentralizado de dados. O modelo permitiu que agricultores, distribuidores e consumidores acessassem informações seguras e imutáveis sobre todas as etapas da produção, desde o cultivo até a comercialização. Os resultados demonstraram que a integração da *blockchain* com

contratos inteligentes amplia a transparência, a segurança e a confiança nas transações, embora desafios de escalabilidade e padronização ainda precisem ser superados. Essa pesquisa evidencia o potencial das tecnologias emergentes para aprimorar a rastreabilidade, mas também aponta que sua aplicação em pequenos empreendimentos rurais é limitada devido à complexidade técnica e aos custos de implementação (Wang et al., 2021).

Complementarmente a isso, o estudo de Mello, Ferrazza e Secchi (2023), intitulado Sistema de rastreabilidade para alimentos orgânicos baseado em *blockchain*: um estudo na produção de espumante, investigou a aplicação da tecnologia *blockchain* na cadeia produtiva de espumantes orgânicos no Rio Grande do Sul. A proposta demonstrou que a rastreabilidade digital pode aumentar a transparência e a credibilidade dos processos produtivos, funcionando como um complemento ou até substituto dos selos de certificação tradicionais. O sistema foi estruturado em três camadas, coleta de dados, registro em *blockchain* e armazenamento descentralizado via *IPFS*, garantindo segurança, rastreabilidade em tempo real e autenticidade das informações. Os resultados apontaram benefícios como maior confiança do consumidor, valor agregado ao produto e acesso ampliado a mercados internacionais, mas também destacaram a necessidade de avaliar a viabilidade econômica dessa tecnologia em comparação às certificações tradicionais (Mello; Ferrazza; Secchi, 2023).

Esses trabalhos evidenciam que, embora a rastreabilidade digital apresente resultados promissores em diferentes setores produtivos, ainda há uma lacuna importante no desenvolvimento de soluções acessíveis para pequenos produtores orgânicos, especialmente aqueles vinculados a sistemas participativos de certificação. Nesse sentido, o presente trabalho busca suprir essa lacuna ao propor uma aplicação *web* simples, de baixo custo e baseada em *QR Code*, voltada à realidade dos agricultores familiares, promovendo a modernização dos registros e a integração das informações de rastreabilidade de forma eficiente e transparente.

Ainda que algumas iniciativas privadas e governamentais tenham buscado digitalizar processos agrícolas, observa-se que poucos projetos se concentram na realidade dos agricultores familiares e nas certificadoras participativas. Essa ausência de soluções direcionadas compromete a eficiência do controle e dificulta a comunicação entre produtores, certificadoras e consumidores. Assim, a falta de um sistema simples, de baixo custo e acessível via *web* representa uma lacuna importante a ser suprida.

Essa lacuna evidencia a necessidade de um sistema capaz de

modernizar os registros e integrar as informações de rastreabilidade de forma digital, proporcionando agilidade, segurança e confiabilidade aos dados gerados na cadeia produtiva orgânica. Um sistema desse tipo pode reduzir significativamente erros de registro, centralizar documentos fiscais e agronômicos e facilitar a verificação por parte das certificadoras e dos consumidores.

Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de aplicação *web* voltada à rastreabilidade e controle da produção orgânica, baseada no *framework* Laravel e integrada à tecnologia de *QR Code*. A proposta visa oferecer uma interface simples, acessível via *link*, sem a exigência de instalação de aplicativos, permitindo o registro e o compartilhamento eficiente de informações sobre o ciclo produtivo. Com isso, busca-se modernizar a forma de registro e disponibilização das informações, promovendo maior segurança, transparência e valorização dos produtos orgânicos, além de fortalecer a relação entre produtores e consumidores.

Acredita-se que a implementação de uma solução tecnológica com essas características possa contribuir significativamente para o avanço da rastreabilidade agrícola no Brasil, em especial entre os pequenos produtores certificados pela Rede Ecovida. Dessa forma, o trabalho pretende não apenas atender às exigências legais de rastreabilidade, mas também oferecer uma alternativa prática, escalável e de fácil adoção, favorecendo o desenvolvimento sustentável e a credibilidade dos produtos orgânicos no mercado.

A solução para a lacuna identificada ancora-se no conceito de rastreabilidade, que consiste no conjunto de práticas e tecnologias para acompanhar um produto por todas as etapas da cadeia produtiva, desde a origem da matéria-prima até o consumidor final (BRASIL, 2017). A implementação de um sistema de rastreabilidade digital não apenas responde às normativas vigentes, mas também agrega valor ao produto orgânico, fortalecendo a confiança do consumidor ao oferecer transparência sobre o processo produtivo. Embora existam soluções de mercado, como as oferecidas pela Paripassu, estas são, em geral, desenvolvidas para grandes produtores e intermediários, não atendendo às especificidades e aos desafios dos agricultores familiares, como as barreiras de custo e a complexidade de uso, que muitas vezes exigem a instalação de aplicativos em dispositivos com limitações de armazenamento e conhecimento tecnológico.

Para viabilizar uma ferramenta que fosse ao mesmo tempo ro-

busta e acessível, a escolha tecnológica foi um pilar fundamental deste projeto. A tecnologia de *QR Code* foi selecionada como a principal interface entre o produto físico e a informação digital, por sua capacidade de armazenar um grande volume de dados, sua rápida leitura por qualquer *smartphone* moderno e por ser um padrão aberto e isento de licenças de uso (Rouillard, J., 2008). Como base para o desenvolvimento da aplicação *web*, foi utilizado o *framework* Laravel, uma ferramenta que adota a arquitetura *Model-View-Controller* (MVC) e oferece um ecossistema robusto para a criação de sistemas seguros, escaláveis e de fácil manutenção, sendo atualmente um dos *frameworks* PHP mais utilizados no mercado (Sagar, 2025).

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi o desenvolvimento de um protótipo de aplicação *web* funcional para a rastreabilidade e controle da produção orgânica, focado nas necessidades de agricultores familiares vinculados a sistemas participativos de certificação. Para alcançar este propósito, foram delineados e executados objetivos específicos, como a implementação de um sistema para o cadastro de agricultores, propriedades e produtos; o desenvolvimento de módulos para o registro de todas as etapas do ciclo produtivo, desde o plantio até a colheita e venda; a criação de uma funcionalidade para a geração automática de *QR Codes* vinculados a cada lote de produção; e, por fim, a disponibilização de uma interface de consulta pública que permite ao consumidor final acessar o histórico do produto de forma simples e intuitiva, apenas com a leitura do código.

Este trabalho foi estruturado de modo a apresentar a pesquisa de forma clara e lógica. A seção de Materiais e Métodos descreve em detalhes as ferramentas, tecnologias e os procedimentos adotados para o desenvolvimento do protótipo da aplicação *web*. Em seguida, a seção de Discussão e Resultados apresenta as funcionalidades implementadas, a arquitetura do sistema e os resultados obtidos com os testes práticos da ferramenta. Por fim, a Conclusão sumariza as contribuições do trabalho, aponta as limitações do estudo e sugere caminhos para pesquisas e desenvolvimentos futuros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho baseou-se em uma abordagem aplicada e exploratória, com ênfase na criação de uma solução tecnológica voltada à rastreabilidade de produtos orgânicos por meio da integração entre *QR Codes* e o *framework* Laravel. Inicialmente, realizou-se

uma revisão bibliográfica abrangente sobre rastreabilidade na agricultura, sistemas de informação e tecnologias de identificação digital, considerando diretrizes e normativas vigentes que orientam a rastreabilidade de alimentos orgânicos no Brasil, como a Instrução Normativa nº 46/2011 do MAPA, bem como estudos que abordam a digitalização do controle produtivo (Silva; Oliveira, 2021).

A partir dessa revisão, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, buscando garantir confiabilidade, acessibilidade e aplicabilidade em contextos de pequenos e médios produtores. A proposta priorizou o uso de tecnologias de baixo custo e código aberto, visando à viabilidade de adoção em ambientes com infraestrutura limitada. O sistema foi projetado para otimizar o registro e o monitoramento das etapas produtivas, permitindo a identificação detalhada de cada produto por meio do QR Code e o acesso instantâneo às informações por dispositivos móveis. O processo metodológico foi estruturado em etapas sequenciais, abrangendo levantamento de requisitos, modelagem da aplicação, desenvolvimento do sistema, integração do QR Code e validação funcional do protótipo. Cada uma dessas fases é detalhada nos tópicos a seguir.

2.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O levantamento de requisitos foi conduzido com base na análise das necessidades operacionais de pequenos produtores orgânicos vinculados a sistemas participativos de certificação, especialmente aqueles integrados à Rede Ecovida. Foram consideradas as diretrizes estabelecidas pela Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA nº 2/2018, alterada pela INC nº 1/2019 (MS, 2018), e os manuais de procedimentos da Rede Ecovida (Ecovida, 2018; Ecovida, 2024).

A partir da análise documental e da compreensão detalhada do fluxo operacional dessas propriedades, que engloba cadastros iniciais, aquisição de insumos, movimentações de estoque, processamento e vendas, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, apresentados na Tabela 1. Esse processo de levantamento permitiu identificar as necessidades reais dos produtores, bem como as principais limitações enfrentadas no registro e na rastreabilidade das informações. Além disso, possibilitou alinhar as funcionalidades propostas aos objetivos de transparência, confiabilidade e otimização dos processos internos, garantindo maior precisão dos dados e melhor usabilidade da aplicação. Dessa forma, o sistema foi estruturado para atender tanto às exigências práticas das pro-

priedades quanto às demandas técnicas necessárias para assegurar a integridade e a continuidade das operações.

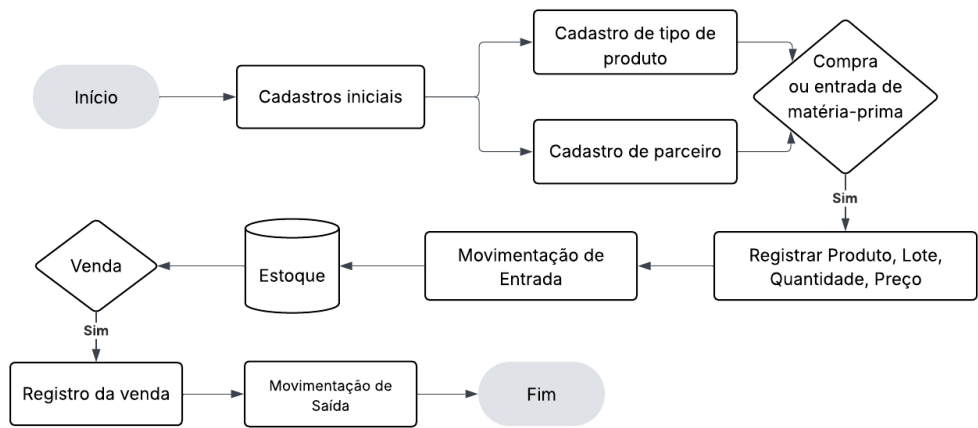
Tabela 1 - Requisitos do sistema de rastreabilidade

Requisitos Funcionais	Requisitos Não Funcionais
Cadastro de parceiros (fornecedores e clientes) com dados de identificação, contato e endereço.	Acessibilidade via navegador <i>web</i> responsivo, sem instalação de aplicativos.
Cadastro de produtos com lote, tipo, quantidade, unidade de medida e preço.	Interface intuitiva adequada a diferentes níveis de familiaridade tecnológica.
Controle de movimentações de estoque: entradas, saídas e processamento.	Integridade referencial de dados e <i>soft deletes</i> para auditoria.
Gerenciamento de processos produtivos vinculando insumos e produtos gerados.	Autenticação de usuários e proteção contra vulnerabilidades.
Controle financeiro com valores, status e datas de pagamento.	Tempo de resposta inferior a 3 segundos para operações típicas.
Geração de <i>QR Codes</i> únicos vinculados a cada lote de produto.	Arquitetura MVC com código modular e documentado.
Consulta pública de rastreabilidade via leitura de QR Code.	Suporte a crescimento de volume de dados sem degradação.

Fonte: Do autor.

Para representar de forma visual o funcionamento do sistema proposto, foram elaborados diagramas de fluxo que descrevem as principais etapas de interação dos usuários. A Figura 1 apresenta o fluxo operacional do agricultor dentro da aplicação, abrangendo desde o cadastro de informações iniciais até o registro das etapas produtivas e de comercialização.

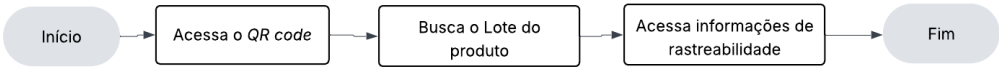
Figura 1 - Fluxograma do agricultor.



Fonte: Do autor.

Complementarmente, a Figura 2 apresenta o fluxo de interação do cliente ao acessar o produto por meio do *QR Code*, demonstrando o processo de consulta e visualização das informações de rastreabilidade.

Figura 2 - Fluxograma do cliente.



Fonte: Do autor.

Esses fluxos representam de forma integrada o ciclo completo de utilização do sistema desde o registro de dados pelos produtores até o acesso público às informações pelos consumidores, servindo como base para a modelagem do banco de dados e para a definição das regras de negócio implementadas na aplicação.

2.2 ESCOLHA DAS TECNOLOGIAS

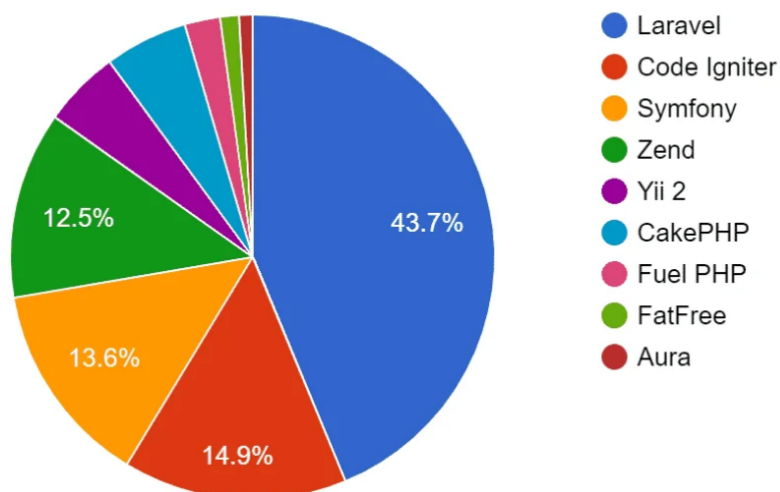
A seleção das tecnologias foi orientada por critérios de acessibilidade, escalabilidade, segurança e facilidade de manutenção, considerando especialmente a necessidade de criar uma solução de baixo custo e simples de operar, adequada ao contexto dos pequenos produtores orgânicos.

Essa priorização de critérios é justificada pelo público-alvo. A escalabilidade, por exemplo, garante que a solução possa acompanhar o crescimento do negócio do produtor sem exigir uma reestruturação completa ou investimentos proibitivos. Paralelamente, a segurança robusta é essencial para proteger os dados de transações e clientes, enquanto a baixa complexidade de manutenção reduz a dependência de suporte técnico especializado. O objetivo final é que a tecnologia seja uma aliada sustentável, e não um fardo operacional ou financeiro.

2.2.1 *Framework* Laravel

Como base para o desenvolvimento do sistema, foi utilizado o *framework* Laravel na versão 12, desenvolvido em PHP 8.2. O Laravel é um dos frameworks PHP mais populares do mercado como mostrado na figura 3, reconhecido por sua arquitetura robusta baseada no padrão *Model-View-Controller* (MVC), que promove a separação de responsabilidades e facilita a manutenção do código (Sagar, 2025)

Figura 3 - *Frameworks* PHP usados em projetos.



Fonte: Sagar (2025).

2.2.2 Filament PHP

Para a construção da interface administrativa do sistema, foi utilizado o Filament PHP versão 4.0, um painel administrativo moderno construído sobre o Laravel e o *framework* de componentes *Livewire*. O Filament ofereceu uma abordagem declarativa para a criação de interfaces CRUD (*Create, Read, Update, Delete*), permitindo o desenvolvimento ágil de funcionalidades administrativas diminuindo a necessidade de escrever código HTML ou JavaScript manualmente (Filament Brasil, 2025)

2.2.3 Integração do *QR Code* na Aplicação

A integração da tecnologia de *QR Code* ao sistema desenvolvido teve como principal objetivo disponibilizar ao consumidor final o acesso rápido às informações de rastreabilidade dos produtos orgânicos. Essa funcionalidade permite que, ao realizar a leitura do código presente na embalagem, o usuário visualize dados como origem, produtor, propriedade rural e lote do produto.

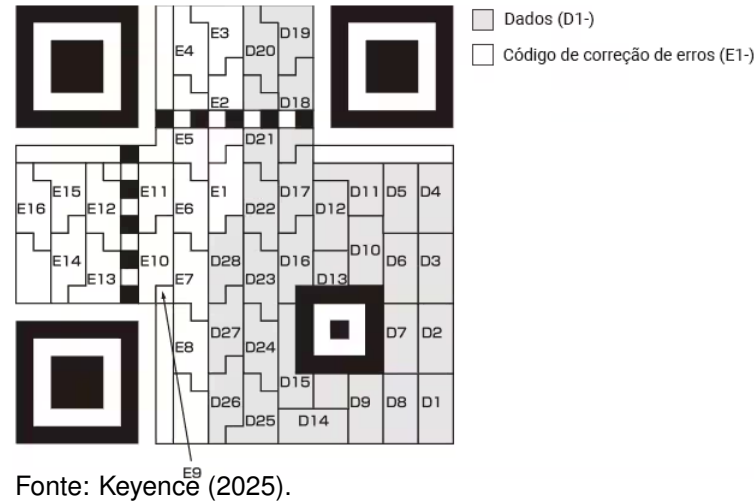
Para a geração dos *QR Codes*, foi utilizada na versão 4.2 a biblioteca *SimpleSoftwareIO/simple-qrcode*, por ser uma solução *open source* compatível com o *framework* Laravel e amplamente empregada em aplicações *web*. A biblioteca oferece suporte à criação de códigos nos formatos PNG e SVG, garantindo qualidade visual e flexibilidade na integração com diferentes interfaces do sistema (SimpleSoftwareIO, 2025).

No contexto técnico, o *QR Code* incorpora o código de correção de erros *Reed-Solomon*, que assegura a integridade das informações

mesmo em casos de danos físicos parciais na etiqueta impressa. Esse código é capaz de recuperar de 7% a 30% dos dados perdidos, dependendo do nível de correção configurado (L, M, Q ou H), o que torna a leitura mais confiável em condições adversas (Keyence, 2025).

A Figura 4 ilustra um exemplo de *QR Code* e a aplicação do *Reed-Solomon*. Os dados e o código de correção de erros são organizados. Uma máscara é aplicada ao código com o objetivo de evitar o aparecimento de um padrão com o mesmo padrão de detecção de posição (Keyence, 2025).

Figura 4 - Exemplo de *QR Code* gerado pela aplicação.



Fonte: Keyence (2025).

2.2.4 Armazenamento de dados

O banco de dados adotado para o desenvolvimento do sistema foi o MySQL, uma solução *open source* amplamente difundida, estável e compatível com o *framework* Laravel. Sua escolha se deveu à integração nativa com o ecossistema PHP e aos recursos de segurança, escalabilidade e controle transacional que atendem às exigências do projeto. O gerenciamento do esquema de dados foi realizado por meio das *migrations* do Laravel, que permitem versionar e automatizar a criação e atualização das tabelas, facilitando a manutenção, o compartilhamento do código e a reprodutibilidade do ambiente.

Para aprimorar o desempenho e reduzir a latência em operações recorrentes, foi implementado o Redis como mecanismo de *cache*, armazenando temporariamente dados de alto acesso, como consultas frequentes e sessões de usuário. Essa estratégia diminuiu a carga sobre o MySQL e melhorou o tempo de resposta da aplicação. A estrutura do banco foi projetada para garantir integridade referencial entre as tabelas e suportar os

relacionamentos entre agricultores, propriedades, produtos e lotes, assegurando a rastreabilidade completa de cada item registrado.

2.2.5 Docker e Laravel Sail

Para padronizar o ambiente de desenvolvimento e simplificar a configuração das dependências, foi utilizada a tecnologia de contêineres Docker em conjunto com o Laravel Sail. O Docker possibilitou criar ambientes isolados e reproduzíveis, reunindo os serviços necessários à execução do sistema, como servidor *web*, banco de dados e ferramentas auxiliares, garantindo consistência entre diferentes máquinas.

O Laravel Sail, ferramenta oficial do *framework* para integração com o Docker, atuou como interface de orquestração, permitindo configurar e inicializar automaticamente serviços essenciais, como PHP, MySQL e Redis, por meio do arquivo `docker-compose.yml`. Essa abordagem reduziu o tempo de configuração manual e otimizou o fluxo de trabalho durante o desenvolvimento.

2.3 ESTRUTURA DA APLICAÇÃO

A aplicação desenvolvida foi estruturada em dois módulos principais: o **Painel Administrativo**, destinado ao produtor para gestão interna da propriedade, e a **Interface Pública de Rastreabilidade**, voltada ao consumidor final para consulta de informações via *QR Code*. Ambos os módulos foram implementados seguindo o padrão arquitetural MVC, proporcionando separação clara de responsabilidades e facilitando a manutenção e evolução do sistema.

2.3.1 Painel Administrativo

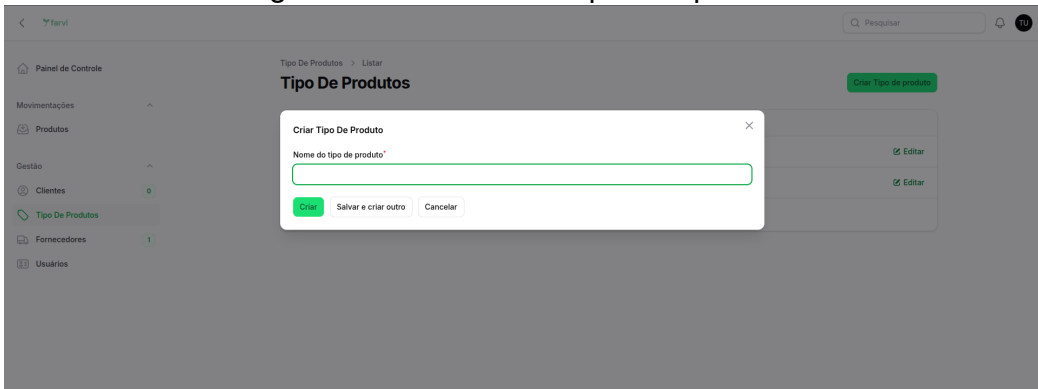
O painel administrativo foi desenvolvido utilizando o Filament. O acesso ao sistema é protegido por autenticação, garantindo que apenas usuários autorizados possam visualizar e manipular os dados. A estrutura de navegação foi organizada em dois grupos principais: **Gestão** e **Movimentações**.

O grupo **Gestão** concentra as funcionalidades de cadastro de entidades base do sistema. Neste módulo, o produtor pode cadastrar e gerenciar:

- **Tipos de Produto:** Permite a criação de categorias de produtos (por exemplo: alface, tomate, cenoura), facilitando a organização e classificação dos itens. A Figura 5 apresenta a interface de listagem e cadastro de tipos de produto.

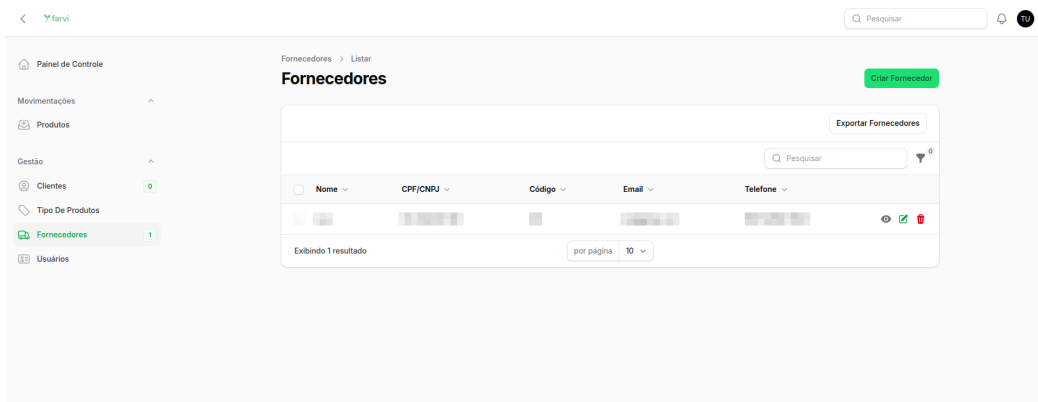
- **Fornecedores:** Registra informações completas dos fornecedores de insumos, incluindo dados cadastrais como nome, CPF/CNPJ, código de identificação, contato (e-mail e telefone), responsável e endereço completo. Conforme demonstrado na Figura 6.
- **Clientes:** Gerencia os dados dos compradores dos produtos orgânicos, com campos equivalentes aos dos fornecedores, como ilustrado também na Figura 6.

Figura 5 - Cadastro de tipos de produto.



Fonte: Do autor.

Figura 6 - Gestão de fornecedores.



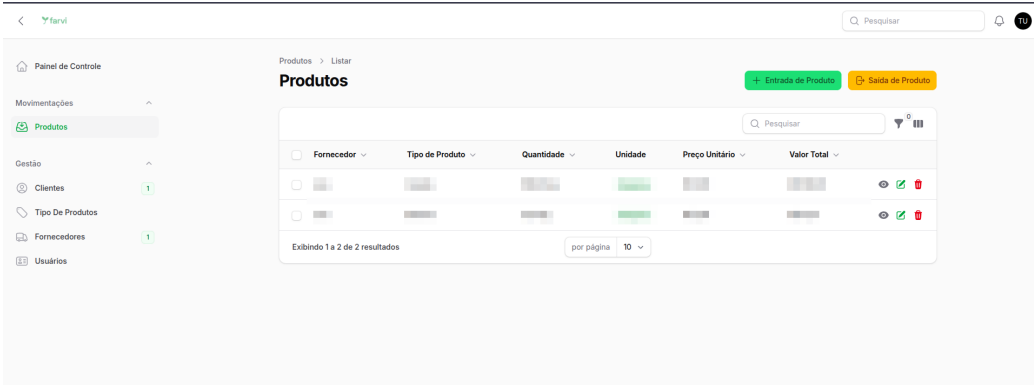
Fonte: Do autor.

O grupo **Movimentações** concentra as operações diárias relacionadas ao controle de estoque e à rastreabilidade dos produtos. A funcionalidade de **Produtos** permite o registro completo das entradas e saídas, conforme apresentado na Figura 7, garantindo o acompanhamento detalhado de cada lote ao longo do processo produtivo. Por meio dessa interface, é possível associar as movimentações aos produtores e às propriedades cadastradas, assegurando a integridade dos dados e a consistência

das informações armazenadas. Esse controle facilita a identificação de origens, destinos e quantidades movimentadas, contribuindo diretamente para a transparência e a confiabilidade do sistema de rastreabilidade.

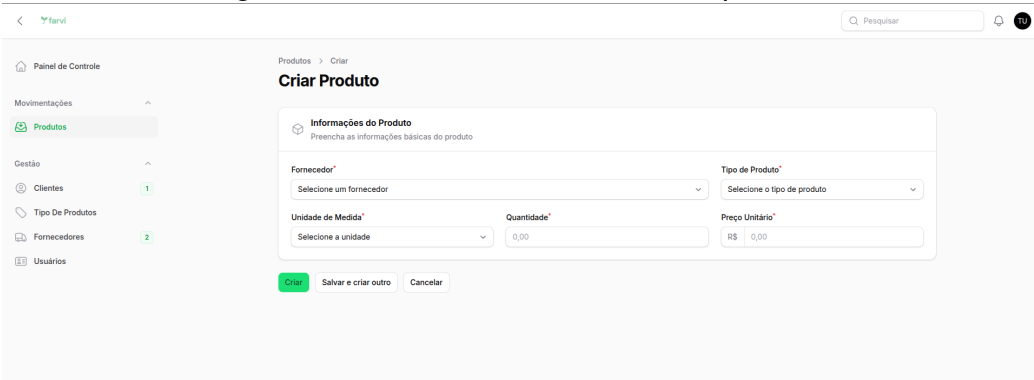
Para registrar uma entrada de produto, o sistema solicita informações. A Figura 8 ilustra o formulário de cadastro de entrada de produtos.

Figura 7 - Listagem de produtos em estoque.



Fonte: Do autor.

Figura 8 - Formulário de entrada de produto.



Fonte: Do autor.

Além da funcionalidade de entrada, o sistema oferece um módulo dedicado para registro de saídas de produtos. Neste módulo, o usuário seleciona o produto em estoque, o sistema valida automaticamente se há quantidade disponível em estoque antes de permitir a operação, exibindo notificações em caso de tentativa de saída superior ao estoque disponível. Após a confirmação, o estoque é atualizado automaticamente e um movimento de saída é registrado no histórico, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Formulário de saída de produto.

Registrar Saída de Produto

Registre a saída de produtos do estoque.

Produto*

Selecione o produto para saída

Cliente*

Selecione o cliente

Número do Lote*

Ex: LOTE-2025-001

Informe o número do lote para rastreabilidade

Quantidade Disponível

Quantidade de Saída*

0,00

Motivo da Saída

Ex: Venda, Consumo, Perda, etc.

Registrar Saída Cancelar

Fonte: Do autor.

Todas as operações de entrada e saída são registradas de forma auditável, que armazena o tipo de movimento (entrada ou saída), o produto movimentado, a quantidade, o usuário responsável e a data e hora da operação. Essa estrutura garante a rastreabilidade completa de todas as transações realizadas no sistema, atendendo às exigências regulatórias e permitindo a análise histórica do fluxo de produtos na propriedade.

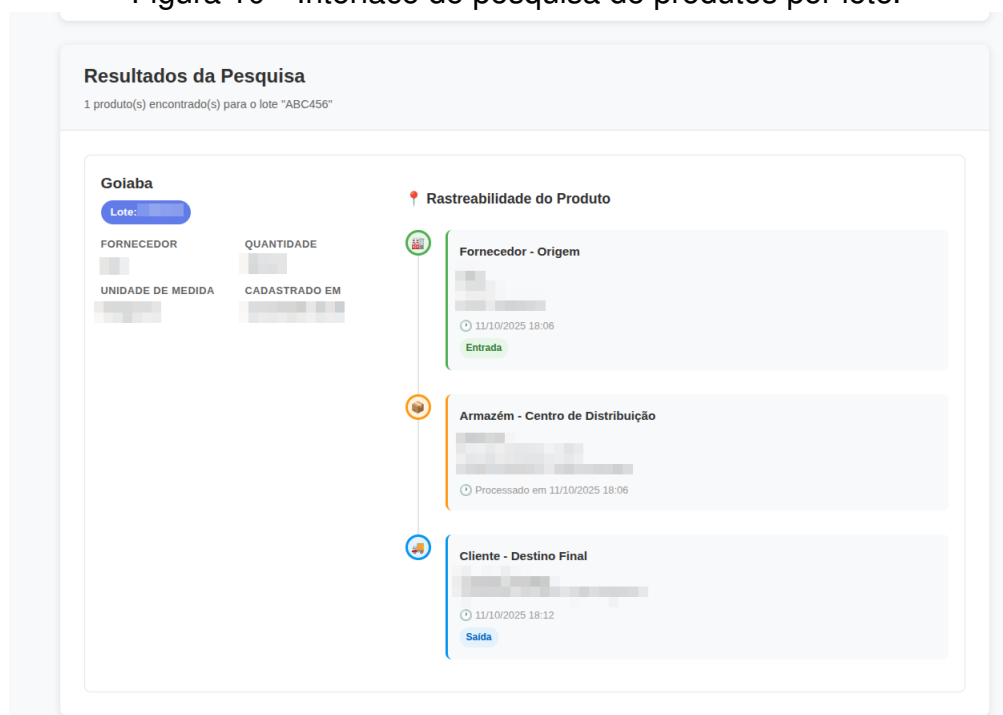
2.3.2 Interface Pública de Rastreabilidade

A interface pública permite acesso rápido e intuitivo às informações de rastreabilidade dos produtos orgânicos, sem autenticação, atendendo à demanda por transparência de consumidores e certificadoras.

2.3.3 Pesquisa de Produtos por Lote

A interface de pesquisa pública é acessada ao ler o *QR Code*, ilustrada na Figura 10, oferece um formulário simples e intuitivo onde o consumidor pode inserir o número do lote do produto adquirido, retornando o produto relacionado aquele lote.

Figura 10 - Interface de pesquisa de produtos por lote.



Fonte: Do autor.

A integração entre a geração de *QR Code* e a pesquisa por lote forma o núcleo da rastreabilidade, permitindo que agricultores compartilhem informações de forma simples e oferecendo aos consumidores acesso rápido e confiável à origem e composição dos produtos orgânicos.

2.4 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

A validação do protótipo foi conduzida em um ambiente controlado, utilizando registros fictícios de produtores, produtos, lotes e movimentações de estoque, sem implementação em propriedades rurais reais. O procedimento teve como objetivo testar todo o fluxo de rastreabilidade, verificar a consistência dos dados, avaliar a estabilidade do sistema e analisar a experiência do usuário, assegurando que a aplicação atenda às demandas de pequenos produtores orgânicos e forneça informações claras e confiáveis aos consumidores por meio do *QR Code*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento e a validação do protótipo da aplicação *web* para rastreabilidade de produtos orgânicos permitiram verificar a viabilidade técnica da proposta, atendendo ao objetivo de criar uma solução de baixo custo, acessível e funcional para agricultores familiares, um público que carece de ferramentas digitais adaptadas à sua realidade.

Os testes, realizados em ambiente controlado com dados fictícios, conforme descrito na metodologia de validação, demonstraram que a solução atende integralmente aos requisitos funcionais listados na Tabela 1. O Painel Administrativo, construído com o *framework* Laravel e o painel Filament, provou ser uma ferramenta robusta e ágil para o gerenciamento das entidades centrais do sistema (Tipos de Produto, Fornecedores e Clientes) e, principalmente, para o controle das movimentações de estoque (Figuras 8 e 9). A utilização do Filament, em particular, acelerou o desenvolvimento da interface de gestão (CRUDs), permitindo a criação de um painel funcional com baixo esforço de codificação de *front-end*.

A decisão de desenvolver uma aplicação *web* responsiva, acessível via navegador, em vez de um aplicativo nativo, mostrou-se um diferencial estratégico. Esta abordagem elimina barreiras de adoção comuns na agricultura familiar, como a necessidade de instalação de aplicativos, o consumo de armazenamento em dispositivos móveis muitas vezes limitados e a curva de aprendizado em novas interfaces. A arquitetura baseada em Laravel, com MySQL para persistência de dados e Redis para *cache*, apresentou desempenho estável e respostas rápidas durante os testes simulados.

A escolha do *QR Code* como tecnologia de identificação, gerado pela biblioteca *SimpleSoftwareIO/simple-qrcode*, foi central para a proposta de baixo custo. Essa tecnologia atua como a ponte entre o produto físico e a informação digital de forma acessível, visto que sua leitura pode ser realizada por qualquer *smartphone* moderno, alinhando-se à realidade tecnológica dos consumidores. A Interface Pública de Rastreabilidade (Figura 10), acessada pela leitura do código ou inserção manual do lote, cumpre eficazmente a função de fornecer transparência ao consumidor final, fortalecendo a confiança no produto orgânico.

Em comparação com as soluções de rastreabilidade mais avançadas identificadas nos trabalhos correlatos, como as baseadas em *blockchain* de Wang et al. (2021) e Mello et al. (2023), o protótipo proposto oferece uma abordagem de implementação mais simples e de menor custo. Enquanto a *blockchain* proporciona um nível superior de imutabilidade e descentralização, sua complexidade técnica e os custos de implantação, como apontado por Wang et al. (2021), representam barreiras significativas para pequenos produtores. A solução baseada em Laravel e *QR Code*, embora centralizada, oferece um nível de transparência e controle auditável suficiente para atender às demandas de certificadoras participativas, como

a Rede Ecovida, e dos consumidores, com uma barreira de entrada drasticamente menor.

Essa questão do custo é um ponto mais delicado. O estudo de Almeida et al. (2019) sobre a rastreabilidade na bovinocultura (SISBOV) já evidenciava que os altos custos de implantação são um desafio para a adesão de pequenos e médios produtores. O presente protótipo ataca diretamente essa lacuna, propondo uma ferramenta que depende primariamente de tecnologias *open source* (PHP, Laravel, MySQL) e da impressão de *QR Codes*, cujo custo é irrisório (centavos por impressão).

Apesar das vantagens de custo e acessibilidade, o protótipo compartilha uma limitação comum a sistemas não automatizados: a dependência da entrada manual de dados. Diferente de sistemas com sensores (como os citados por Wang et al. (2021)) ou leituras automatizadas por RFID (mencionadas no trabalho exemplo), o sucesso da rastreabilidade neste protótipo depende da disciplina do agricultor em registrar corretamente cada entrada, processamento e saída no painel administrativo. Uma falha no registro manual de uma movimentação compromete a integridade do histórico do lote, um risco operacional que deve ser mitigado com treinamento e criação de rotinas.

A principal limitação deste estudo, conforme citado na seção de Validação, é a ausência de testes em um ambiente real, ou seja, em propriedades rurais de agricultores familiares vinculados à Rede Ecovida. A validação foi restrita a um ambiente controlado. Isso impossibilitou a análise da aceitação da ferramenta pelos usuários finais, a identificação de barreiras práticas de uso (como a qualidade da conectividade à internet no campo) e a coleta de *feedback* sobre a usabilidade da interface em rotinas de trabalho reais.

Outras limitações identificadas incluem a ausência de integração direta com os sistemas das próprias certificadoras, o que ainda exigiria uma exportação ou verificação manual dos dados para fins de auditoria. Além disso, o protótipo atual foca no registro e consulta, mas não implementa, neste momento, funcionalidades de relatórios estatísticos (como análise de uso de insumos, tempo de ciclo produtivo ou rentabilidade por lote), que agregariam grande valor gerencial ao produtor.

Ainda assim, os resultados obtidos reforçam o potencial do protótipo como uma ferramenta de apoio à digitalização da agricultura familiar orgânica. A aplicação representa um avanço significativo sobre os métodos tradicionais de registro em cadernos de campo, oferecendo uma solução

centralizada, segura e auditável. Ao prover uma interface pública de rastreabilidade via *QR Code*, o sistema contribui para a conformidade com normativas vigentes, como a INC n.º 2/2018, e, principalmente, fortalece a relação de confiança entre produtor e consumidor, agregando valor ao produto orgânico certificado.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho alcançou seu objetivo principal ao desenvolver um protótipo de aplicação *web* funcional para a rastreabilidade e controle de produtos orgânicos, utilizando a tecnologia de *QR Code* e o *framework* Laravel. A solução demonstrou ser tecnicamente viável, oferecendo uma alternativa de baixo custo, acessível via navegador e alinhada às necessidades de agricultores familiares, que atualmente dependem majoritariamente de registros manuais em cadernos de campo.

Entretanto, destaca-se que o sistema, em sua atual versão prototipada, apresenta limitações importantes. A principal delas é a ausência de validação prática em campo, com o envolvimento direto de agricultores familiares em suas situações reais de trabalho e produção. Essa lacuna impede a análise aprofundada da aceitação da tecnologia pelos usuários finais, a identificação de barreiras operacionais, como a qualidade da conectividade à internet em áreas rurais e a avaliação da usabilidade da interface em contextos cotidianos. Além disso, a inexistência de integração com os sistemas de gestão das certificadoras participativas, como a Rede Ecovida, limita a aplicabilidade da ferramenta em processos de auditoria automatizados.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de testes práticos em propriedades rurais, contando com a participação ativa dos agricultores para validar a usabilidade e coletar *feedbacks* para ajustes de fluxo e interface. Sugere-se, ainda, a evolução da arquitetura para integração direta com plataformas de certificadoras, visando automatizar o envio de dados, e a expansão das funcionalidades. Isso inclui módulos de relatórios gerenciais e o desenvolvimento de um modo de operação *offline*. Com essas evoluções, a aplicação poderá consolidar-se como ferramenta estratégica para a digitalização da agricultura familiar orgânica, aprimorando o controle, garantindo a conformidade com as normativas de rastreabilidade, fortalecendo a confiança entre produtores e consumidores ao agregar valor e transparência ao produto certificado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. et al. **Rastreabilidade na bovinocultura brasileira: Condições e benefícios**. [S.l.]: Editora MV Valero, 2019.

BRASIL. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA), 108f**: Decreto n. 9,013, de 29 de março de 2017. regulamenta a lei n. 1,283, de 18 de dezembro de 1950, e lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. diário oficial da união, Brasília. 2017.

ECOVIDA, R. **RASTREABILIDADE**: Conheça tudo sobre um dos principais procedimentos para a comercialização de alimentos vegetais. 2018. Acessado em 15 out. 2024. Disponível em: <<https://nuvem.multifarm.top/s/TYSw8Cc5Kj2McQ7>>.

ECOVIDA, R. **02 - Manual de Procedimentos e Regimento Interno 2024**. 2024. Acessado em 15 out. 2024. Disponível em: <<https://nuvem.ecovida.org.br/s/WX3GwR4nbL57HCX?dir=undefined&openfile=1132322>>.

Filament Brasil. **Filament Brasil — O que é Filament PHP?** 2025. Acesso em 19 out. 2025. Disponível em: <<https://filament.com.br/#what-is-filament>>.

KEYENCE. **O que é código QR?** 2025. Acessado em 12 maio 2025. Disponível em: <https://www.keyence.com.br/ss/products/auto_id/barcode_lecture/basic_2d/qr/>.

LIMA, S. K. et al. **PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO MUNDO E NO BRASIL**. 2020. Acesso em 10 out. 2025. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=35325>.

MELLO, M. C. de; FERRAZZA, A. C.; SECCHI, M. Sistema de rastreabilidade para alimentos orgânicos baseado em blockchain: um estudo na produção de espumante. **Revista de Administração IMED**.

MS. **Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA Nº. 2 de 07/02/2018**. 2018. Acessado em 12 set. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/hortalicas/2019/56deg-ro-hortalicas/inc-02-2018-e-01-2019-rastreabilidade.pdf>>.

Rouillard, J. **ContextualQR Codes**. Atenas: Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, 2008. 50-55 p.

SAGAR, P. **7 Most Popular PHP Frameworks To Use in 2025**. 2025. Acessado em 12 maio 2025. Disponível em: <<https://www.excellentwebworld.com/best-php-frameworks/>>.

SILVA, C.; OLIVEIRA, R. Aplicação de qr code para rastreabilidade de produtos orgânicos. **Revista de Ciência e Tecnologia em Alimentos**.

SimpleSoftwareIO. **simplesoftwareio/simple-qr-code** — Packagist. 2025. Acesso em 19 out. 2025. Disponível em: <<https://packagist.org/packages/simplesoftwareio/simple-qr-code>>.

WANG, L. et al. Smart contract-based agricultural food supply chain traceability. **IEEE Access**, v. 13, n. 1, p. 9296—9307.