

Proposta de aplicação móvel para coleta de dados de pesquisa em áreas com ou sem internet

Arthur Octávio Oliveira Confessor¹, Lucas Ribeiro Luchesi¹,
Rafael Melchior de Oliveira¹, Pedro Clarindo da Silva Neto¹,
Tiago de Almeida Lacerda¹, Evandro César Freiburger¹

¹Departamento de Computação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)
Campus Cuiabá - Cel. Octayde Jorge da Silva
Rua Zulmira Canavarros, 95 - Centro, Cuiabá - MT, Brazil
{arthur.confessor, r.melchior}@estudante.ifmt.edu.br
lucasrluchesi@hotmail.com, pedro@tuxcuiabano.com
{tiago.lacerda, evandro.freiberger}@ifmt.edu.br

Abstract. *Scientific data collection in remote ecosystems is often hindered by limited or intermittent network connectivity, forcing a reliance on traditional paper-based methods prone to errors, data loss, and delays. This paper presents the architecture of a cross-platform mobile solution, developed with an offline-first approach, that addresses this challenge. The application employs a dual-storage system, featuring local persistence in an SQLite database and automatic synchronization with Firebase Cloud Firestore once a connection becomes available. As key expected outcomes, the solution optimizes the research workflow by eliminating manual transcription, enhances data integrity with robust digital storage, and accelerates scientific collaboration by making field data readily accessible to the entire team. The tool is thus presented as a strategic resource to modernize fieldwork and support the management of globally relevant biomes.*

Resumo. *A coleta de dados científicos em ecossistemas remotos é frequentemente prejudicada pela conectividade de rede limitada ou intermitente, forçando a dependência de métodos tradicionais em papel, que são suscetíveis a erros, perda de dados e atrasos. Este artigo apresenta a arquitetura de uma solução móvel multiplataforma, desenvolvida com uma abordagem offline-first, que resolve esse desafio. A aplicação utiliza um sistema de armazenamento dual, com persistência local em um banco de dados SQLite e sincronização automática com o Firebase Cloud Firestore quando a conexão é restabelecida. Como principais resultados esperados, a solução otimiza o fluxo de trabalho ao eliminar a transcrição manual, eleva a integridade dos dados com um armazenamento digital robusto e acelera a colaboração científica ao tornar os dados de campo rapidamente acessíveis para toda a equipe. A ferramenta se apresenta, portanto, como um recurso estratégico para modernizar a pesquisa de campo e apoiar a gestão de biomas de relevância global.*

1. Introdução

A pesquisa científica em ecossistemas remotos como o Pantanal e a Amazônia é um pilar para a compreensão e conservação da biodiversidade global. Nesses biomas de vasta

extensão territorial, a coleta de dados em campo representa a base para descobertas ecológicas e decisões de manejo [UNESCO 2000, WWF-Brasil]. No entanto, a infraestrutura de comunicação nessas regiões frequentemente impõe severas limitações operacionais. Embora tecnologias de conectividade via satélite estejam se expandindo, o alto custo do equipamento somado às mensalidades de planos móveis ainda representam barreiras significativas para muitas equipes de pesquisa [Starlink 2025].

Essa barreira de conectividade dificulta a digitalização do trabalho em campo, forçando a dependência de métodos tradicionais em papel. Esta abordagem acarreta desafios severos, como a necessidade de transcrição manual, uma conhecida fonte de erros [Kervin et al. 2013], e a vulnerabilidade dos registros físicos a danos ambientais, que representa um risco constante de perda de informações importantes [White et al. 2019].

Para superar esses desafios, ferramentas digitais como *Open Data Kit* (ODK), *Kobotoolbox* e *Epicollect* [Aanensen et al. 2009] representam um avanço consolidado na coleta de dados offline, um campo onde a resiliência da aplicação permanece como um tópico de contínuo interesse para a pesquisa [Pothineni 2024]. Contudo, essas plataformas frequentemente exigem maior esforço técnico para a configuração de servidores e são primariamente focadas no sistema *Android*, o que pode limitar sua adoção por equipes com diferentes perfis tecnológicos.

É nesse contexto que este artigo propõe uma solução móvel com arquitetura *offline-first*. A inovação do trabalho não se concentra na criação de um algoritmo de sincronização inédito, mas sim na combinação estratégica de tecnologias modernas para construir uma ferramenta robusta e acessível. A proposta se diferencia ao utilizar *Flutter* para garantir performance nativa e interface consistente em múltiplas plataformas (*iOS* e *Android*), e o *Firebase* como *backend*, que delega a complexidade da sincronização de dados a um serviço gerenciado. O foco é oferecer uma solução de alta usabilidade, baixo custo e implementação ágil, visando reduzir as barreiras técnicas e acelerar o desenvolvimento de soluções personalizadas para a comunidade científica.

2. Metodologia

A metodologia deste projeto concentra-se na resolução dos desafios de coleta de dados em áreas com conectividade limitada. A arquitetura adota um modelo cliente-rico (*rich client*), no qual a lógica da aplicação e o armazenamento de dados são processados primariamente no dispositivo móvel, garantindo sua autonomia funcional [Majchrzak and Hillmann 2015].

O sistema segue uma estrutura cliente-servidor, implementando uma estratégia de persistência local com replicação de dados. O dispositivo móvel mantém um banco de dados local (SQLite) e realiza sincronização assíncrona com um banco de dados em nuvem (Firebase Cloud Firestore) assim que a conexão com a internet é restabelecida [Barbosa et al. 2018].

2.1. Arquitetura do aplicativo

A arquitetura do sistema foi projetada sob o paradigma *offline-first*, estruturando-se em um modelo cliente-servidor composto por dois componentes principais: a aplicação móvel (cliente) e uma infraestrutura em nuvem (servidor), conforme ilustrado na Figura 1.

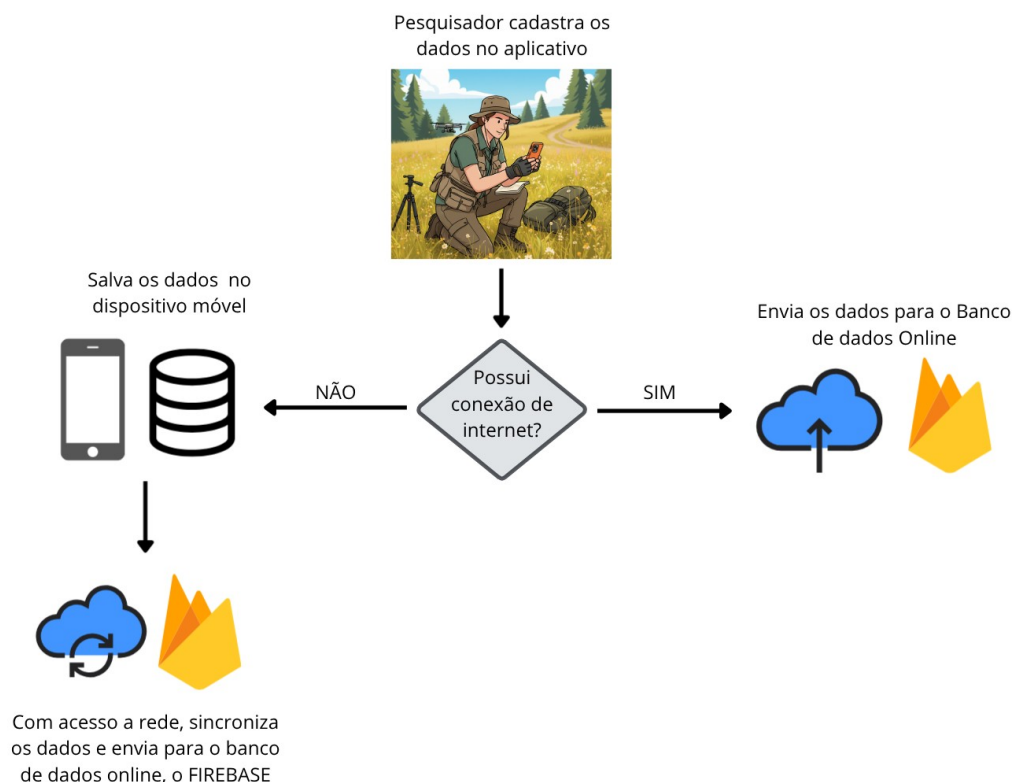


Figura 1. Diagrama conceitual da arquitetura da solução.

O cliente é uma aplicação móvel multiplataforma, desenvolvida em *Flutter* com a linguagem *Dart*. Sua arquitetura interna é definida por um mecanismo de armazenamento dual, projetado para garantir a resiliência dos dados. O componente primário de persistência é um banco de dados *SQLite* embarcado no próprio dispositivo, responsável por armazenar de forma segura e imediata todos os dados coletados em campo, operando de maneira totalmente independente da conexão com a internet.

Integrado à aplicação, um módulo de gerenciamento de estado de rede, implementado com o *plugin connectivity_plus*, monitora a disponibilidade de acesso à internet. Este componente arquitetural é o gatilho para a lógica de sincronização, que comunica o banco de dados local com o repositório na nuvem.

A infraestrutura em nuvem, que atua como o repositório central e sincronizado, é baseada na plataforma *Firebase*, utilizando o *Cloud Firestore* como banco de dados *NoSQL*. A escolha do *Firebase* permite que a aplicação delegue a complexidade da sincronização e da consistência dos dados ao servidor, assegurando que, uma vez *online*, as informações se tornem disponíveis de forma segura para toda a equipe de pesquisa.

2.2. Fluxo de Processos

O fluxo de trabalho do sistema, desde a coleta de dados pelo pesquisador até a sua eventual consulta pela equipe, é detalhado no diagrama de processos da Figura 2. O processo foi desenhado para ser resiliente a falhas de conexão, garantindo a integridade dos dados em todas as etapas.

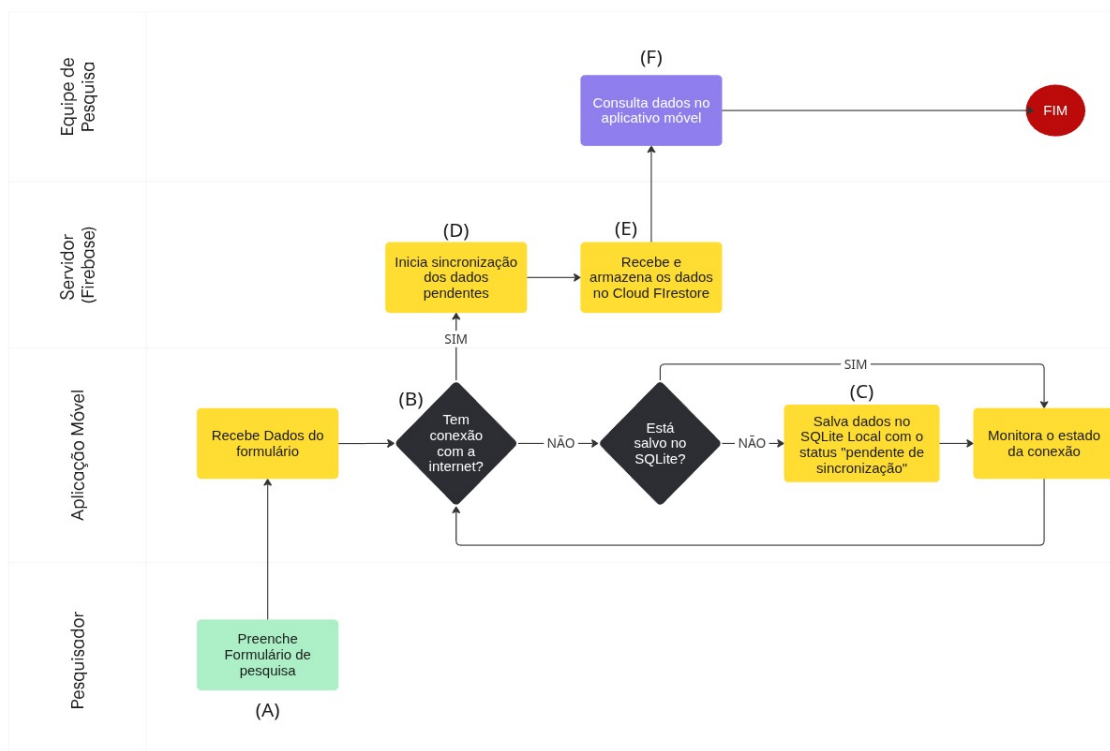


Figura 2. Fluxograma dos processos do sistema. As letras indicam as etapas descritas no texto.

O fluxo inicia-se quando o pesquisador preenche o formulário de pesquisa no aplicativo móvel (a). Após a submissão, o sistema avalia a disponibilidade de conexão com a internet (b). Na ausência de conectividade, os dados são imediatamente persistidos no banco de dados *SQLite* local com o status “pendente de sincronização” (c), e o aplicativo passa a monitorar o estado da rede. Caso haja conexão no momento da submissão, ou assim que ela for restabelecida, o sistema inicia automaticamente a sincronização dos dados pendentes (d). No servidor, o *Firebase* recebe e armazena de forma segura as informações no *Cloud Firestore* (e). Uma vez centralizados, os dados se tornam disponíveis para que toda a equipe de pesquisa possa consultá-los e realizar análises diretamente no aplicativo (f), completando o ciclo.

3. Resultados Esperados

A solução proposta otimiza o fluxo de trabalho ao eliminar a transcrição manual, mitigando erros e liberando tempo dos pesquisadores para a análise. A persistência digital imediata no dispositivo, com sincronização automática, eleva a integridade e a segurança dos dados, prevenindo perdas comuns em métodos analógicos. Adicionalmente, a rápida disponibilização dos dados para toda a equipe redefine a colaboração em campo, transformando a coleta de uma atividade isolada para um processo iterativo que permite ajustes metodológicos ágeis durante as expedições.

4. Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma solução tecnológica robusta para o desafio da coleta de dados em ecossistemas com conectividade limitada. A arquitetura *offline-first* da aplica-

ção móvel, integrada a uma plataforma em nuvem, foi projetada para otimizar o fluxo de trabalho científico, garantindo a integridade dos dados através da persistência local e da sincronização automática com um repositório central.

Como trabalhos futuros, os próximos passos se concentram na validação da ferramenta através de testes de usabilidade e eficiência com pesquisadores em condições reais de campo. A consolidação da solução em cenários práticos será fundamental para refinar seus recursos e prepará-la para uma adoção em larga escala por equipes de pesquisa de diversas áreas e em qualquer região do globo que enfrente desafios de infraestrutura de comunicação.

Embora o foco inicial seja a pesquisa científica, o potencial da aplicação se estende a outras atividades, como em áreas rurais e de conservação, incluindo o monitoramento ambiental, a vigilância contra incêndios e o apoio à gestão de atividades agropecuárias sustentáveis. Desta forma, o projeto não apenas contribui para a integridade da informação científica, mas também se apresenta como uma ferramenta estratégica para o manejo e a conservação de ecossistemas de relevância global.

Referências

- Aanensen, D. M., Hunt, M., Feil, E. J., Al-Own, F., and Spratt, B. G. (2009). Epicollect: Linking smartphones to a web application for epidemiology, ecology and community-based data collection. *PLoS ONE*, 4(9):e6968.
- Barbosa, D. C., Figueiredo, M. A. H., Bersot, G. G., Tapia-Vera, F. J., Costa, M. A., and Freire, J. (2018). Data synchronization in mobile applications: A solution based on timestamps and version tracking. *Mobile Information Systems*, 2018:1–13.
- Kervin, L., Jones, P., and Verenikina, I. (2013). Digital technologies and data collection: The ipswich study. *Australian Educational Computing*, 28(2):1–13.
- Majchrzak, T. A. and Hillmann, T. (2015). Offline-provisioning and synchronization of content for mobile webapps. In *Proceedings of the 11th International Conference on Web Information Systems and Technologies*, pages 601–612. SCITEPRESS.
- Pothineni, S. H. (2024). Offline-first mobile architecture: Enhancing usability and resilience in mobile systems. *Journal of Artificial Intelligence General science (JAIGS)*, 7(01):320–326.
- Starlink (2025). Planos de serviço pessoal. <https://starlink.com/br/service-plans/personal>. Acessado em: 29 out. 2025.
- UNESCO (2000). Pantanal conservation area. Acesso em: 11 ago. 2025.
- White, E. P., Baldridge, E., Brydges, S. D., DeBey, B. E., Fuda, R. K., Grieve, T. N., Henderson, S. A., Kuth, A. R., Laskowski, K. L., Lu, D., et al. (2019). A guide to best practices for collecting and sharing ecological data. *ESA Bulletin*, 100(3):e01559.
- WWF-Brasil. Pantanal. Acesso em: 11 ago. 2025.