

UROHPB: DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO WEB PROGRESSIVA OFFLINE-FIRST PARA APOIO À AVALIAÇÃO INICIAL DA HIPERPLASIA PROSTÁTICA BENIGNA NA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE

UROHPB: DEVELOPMENT OF AN OFFLINE-FIRST PROGRESSIVE WEB APPLICATION TO SUPPORT INITIAL ASSESSMENT OF BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA IN PRIMARY HEALTH CARE

UROHPB: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PROGRESIVA OFFLINE-FIRST PARA APOYAR LA EVALUACIÓN INICIAL DE LA HIPERPLASIA PROSTÁTICA BENIGNA EN LA ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD

Kauan Lucena de Almeida Amorim¹, Douglas Adones de Sousa Nascimento², Diógenes Lavor Bezerra³, Dario Brito Calçada⁴

DOI: 10.54899/dcs.v23i92.6214

Recibido: 04/05/2026 | Aceptado: 27/05/2026 | Publicación en línea: 18/07/2026.

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e avaliação funcional do UroHPB, uma aplicação web progressiva com arquitetura offline-first concebida para apoiar a avaliação inicial da Hiperplasia Prostática Benigna na Atenção Primária à Saúde. A pesquisa, de natureza aplicada e tecnológica, compreendeu as fases de levantamento de requisitos clínicos e funcionais, modelagem arquitetural, implementação incremental e avaliação funcional com dados simulados. O protótipo implementa um fluxo clínico guiado que integra a aplicação digital do International Prostate Symptom Score (IPSS), cálculo automático da pontuação, classificação da gravidade dos sintomas, registro de exames complementares, geração de relatório em formato PDF e envio complementar por correio eletrônico mediante rota de API do Next.js integrada ao serviço Resend, quando houver disponibilidade de conectividade. Os resultados funcionais indicam a viabilidade técnica de uma solução modular, de baixo custo de implantação e manutenção, capaz de manter operacionalidade em cenários de conectividade limitada, preservando a centralidade da decisão clínica profissional.

Palavras-chave: Aplicações Web Progressivas. Atenção Primária à Saúde. Hiperplasia Prostática Benigna. Saúde Digital. Sistemas de Apoio à Decisão Clínica.

¹ Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Parnaíba, Piauí, Brasil. E-mail: kauanamorim@aluno.uespi.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-9632-6190>

² Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Parnaíba, Piauí, Brasil. E-mail: douglasadonesdesn@aluno.uespi.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-1147-9849>

³ Médico Urologista pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: diogenes_lavor@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7349-1763>

⁴ Doutor em Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, São Paulo, Brasil. E-mail: dariobcalcada@phb.uespi.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3313-7874>

ABSTRACT

This paper presents the development and functional evaluation of UroHPB, a progressive web application with offline-first architecture designed to support the initial assessment of Benign Prostatic Hyperplasia in Primary Health Care. The research, of applied and technological nature, comprised the phases of clinical and functional requirements elicitation, architectural modeling, incremental implementation, and functional evaluation with simulated data. The prototype implements a guided clinical workflow that integrates the digital application of the International Prostate Symptom Score (IPSS), automatic score calculation, symptom severity classification, registration of complementary examinations, generation of reports in PDF format, and complementary email delivery through a Next.js API route integrated with the Resend service when connectivity is available. The functional results indicate the technical feasibility of a modular solution with low implementation and maintenance costs, capable of maintaining operability in scenarios of limited connectivity while preserving the centrality of professional clinical decision-making.

Keywords: Aplicaciones Web Progresivas. Atención Primaria de Salud. Hiperplasia Prostática Benigna. Salud Digital. Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo y la evaluación funcional de UroHPB, una aplicación web progresiva con arquitectura offline-first diseñada para apoyar la evaluación inicial de la Hiperplasia Prostática Benigna en la Atención Primaria de Salud. La investigación, de naturaleza aplicada y tecnológica, comprendió las fases de levantamiento de requisitos clínicos y funcionales, modelado arquitectónico, implementación incremental y evaluación funcional con datos simulados. El prototipo implementa un flujo clínico guiado que integra la aplicación digital de la Puntuación Internacional de Síntomas Prostáticos (IPSS), cálculo automático de la puntuación, clasificación de la gravedad de los síntomas, registro de exámenes complementarios, generación de informes en formato PDF y envío complementario por correo electrónico mediante una ruta de API de Next.js integrada con el servicio Resend cuando hay disponibilidad de conectividad. Los resultados funcionales indican la viabilidad técnica de una solución modular, de bajo costo de implementación y mantenimiento, capaz de mantener operabilidad en escenarios de conectividad limitada, preservando la centralidad de la toma de decisiones clínicas profesionales.

Palabras clave: Aplicaciones Web Progresivas. Atención Primaria de Salud. Hiperplasia Prostática Benigna. Salud Digital. Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A consolidação das tecnologias digitais na saúde tem ampliado as possibilidades de

registro, interpretação e uso de informações clínicas no processo de cuidado. Em serviços públicos com alta demanda e infraestrutura heterogênea, soluções computacionais podem organizar fluxos assistenciais, reduzir inconsistências operacionais e apoiar o raciocínio profissional, desde que preservem o papel central do médico na decisão clínica (Maia; Marin, 2021; Ross et al., 2022).

Entre as condições relevantes para a saúde do homem destaca-se a Hiperplasia Prostática Benigna (HPB), caracterizada pelo crescimento não maligno da próstata e frequentemente associada a sintomas do trato urinário inferior. Esses sintomas incluem noctúria, urgência, aumento da frequência urinária, jato urinário fraco, hesitação miccional e sensação de esvaziamento incompleto, podendo comprometer sono, bem-estar, produtividade e qualidade de vida (Amorim Santos et al., 2023; Cabellino et al., 2024; Lerner et al., 2021).

A Atenção Primária à Saúde (APS) representa a principal porta de entrada do usuário no sistema de saúde e, por isso, ocupa posição estratégica na avaliação inicial de pacientes com queixas urinárias. Entretanto, médicos não especialistas em urologia podem enfrentar dificuldades para aplicar instrumentos padronizados, interpretar exames complementares, reconhecer sinais de alerta e decidir entre acompanhamento inicial e encaminhamento especializado (Lerner et al., 2021; Mapurunga, 2022).

O International Prostate Symptom Score (IPSS) é um instrumento amplamente utilizado para quantificar sintomas urinários e classificar sua gravidade. Embora consolidado, seu uso manual pode ser prejudicado por tempo reduzido de consulta, ausência de ferramentas específicas e necessidade de cálculo posterior. A digitalização do questionário, quando integrada a um fluxo guiado, pode reduzir erros aritméticos, padronizar o registro e disponibilizar imediatamente a classificação ao profissional (Barry et al., 1992; Creta et al., 2023).

Nesse contexto, Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADC) podem auxiliar a organização de dados e a geração de orientações baseadas em critérios previamente definidos. Para que sejam úteis na APS, essas ferramentas precisam considerar a realidade de conectividade limitada. Progressive Web Applications (PWA) e arquiteturas offline-first são alternativas adequadas, pois favorecem acesso por navegador, instalação simplificada, responsividade, persistência local e uso parcial ou completo sem conexão contínua (Silva; Tiosso, 2020; MDN Web Docs, 2026).

Este artigo apresenta o desenvolvimento do UroHPB, uma aplicação web progressiva offline-first voltada ao apoio da avaliação inicial da HPB na APS. A versão aqui proposta integra

uma descrição técnica do protótipo com fundamentação teórica ampliada e explícita também a camada de comunicação por e-mail, implementada por rota de API e API Resend, como recurso complementar ao relatório local. Assim, o envio eletrônico é tratado como funcionalidade dependente de conectividade, sem comprometer o fluxo principal offline-first.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Hiperplasia Prostática Benigna e Atenção Primária à Saúde

A HPB é uma condição urológica crônica associada à proliferação benigna de componentes epiteliais e estromais da próstata, especialmente em homens adultos e idosos. O aumento prostático pode contribuir para obstrução ao fluxo urinário e sintomas de esvaziamento ou armazenamento. Entre os sintomas de esvaziamento destacam-se hesitação, intermitência, esforço miccional e jato fraco; entre os sintomas de armazenamento, urgência, polaciúria e noctúria (Cabellino et al., 2024; Lerner et al., 2021).

O manejo inicial na APS envolve anamnese, avaliação sintomática, identificação de fatores de risco, análise de exames quando disponíveis e definição de conduta ou encaminhamento. Como a HPB pode gerar demandas recorrentes e sobrecarga nos serviços especializados, a padronização da avaliação inicial é relevante para orientar melhor o cuidado e evitar atrasos ou encaminhamentos sem critérios adequados (Lerner et al., 2021; Mapurunga, 2022).

International Prostate Symptom Score

O IPSS deriva do American Urological Association Symptom Index e é composto por sete questões que avaliam sintomas urinários durante o último mês, cada uma com pontuação de zero a cinco. O escore total varia de zero a 35 pontos e permite classificar sintomas como leves, moderados ou graves. A versão usual inclui ainda uma questão relacionada à qualidade de vida, utilizada como informação complementar na avaliação clínica (Barry et al., 1992; Mapurunga, 2022).

A aplicação digital do IPSS pode melhorar a consistência do registro e eliminar erros de soma, pois o cálculo e a classificação são executados automaticamente. Estudos sobre

ferramentas móveis para sintomas urinários indicam que a digitalização de instrumentos clínicos pode favorecer conveniência e integração ao fluxo de cuidado, desde que a interface seja simples e adequada ao contexto assistencial (Creta et al., 2023; Can Cubukcu, 2025).

Sistemas de Apoio à Decisão Clínica

SADCs são sistemas computacionais que integram dados do paciente a regras, diretrizes, parâmetros ou algoritmos para apoiar a decisão profissional. Eles podem produzir alertas, cálculos, classificações e recomendações contextuais. Na APS, essas ferramentas são relevantes porque ajudam a reduzir a sobrecarga cognitiva e a organizar fluxos de decisão em condições frequentes ou complexas (Kilsdonk et al., 2016; Silva; Hattori; Bonito, [s.d.]).

Em aplicações clínicas, a transparência das regras é requisito importante. O UroHPB foi concebido como apoio determinístico e rastreável, baseado em etapas e critérios explícitos, não como sistema autônomo de diagnóstico. Essa escolha favorece a auditoria, manutenção e atualização das regras clínicas, além de reforçar que a orientação final não substitui o julgamento médico individualizado (Kilsdonk et al., 2016; Lerner et al., 2021).

Saúde Digital, PWA, Persistência Local e Envio por API

A saúde digital engloba o uso de tecnologias da informação e comunicação para apoiar prevenção, diagnóstico, tratamento, acompanhamento e gestão em saúde. Em ambientes de APS, soluções web e móveis podem ampliar o acesso a instrumentos padronizados, especialmente quando demandam baixa infraestrutura de implantação e podem ser utilizadas em diferentes dispositivos (Maia; Marin, 2021; Ross et al., 2022).

PWAs combinam características de aplicações web e de aplicativos instaláveis, favorecendo responsividade, distribuição simplificada e uso em diferentes plataformas. O uso de IndexedDB é compatível com cenários offline porque permite armazenar dados estruturados no navegador e recuperá-los independentemente de disponibilidade contínua de rede. Assim, o fluxo de avaliação pode permanecer operacional durante instabilidade de conexão (Silva; Tiosso, 2020; MDN Web Docs, 2026).

A camada de envio por e-mail exige tratamento arquitetural distinto. No UroHPB, o relatório pode ser gerado localmente e, quando houver internet, encaminhado por meio de uma

rota de API da aplicação integrada à Resend. A documentação da Resend descreve o envio de e-mails por SDK Node.js mediante chave de API e domínio verificado, enquanto a documentação do Next.js permite a criação de manipuladores de rota ou API Routes para expor pontos de comunicação no próprio projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada e tecnológica, com foco no desenvolvimento de um artefato de software para apoio à avaliação inicial de pacientes com HPB. A etapa descrita não constitui ensaio clínico nem validação clínica formal com pacientes reais. O objetivo foi levantar requisitos, projetar a solução, implementar o protótipo e realizar avaliação funcional com dados simulados (Gil, 2019; Mapurunga, 2022).

A abordagem adotada foi incremental, organizada em levantamento de requisitos clínicos e funcionais, modelagem do fluxo de atendimento, definição arquitetural, implementação das funcionalidades, testes funcionais e documentação das limitações. Essa estratégia permitiu separar a construção da interface, regras clínicas, persistência local, relatórios e comunicação externa por e-mail (Kilsdonk et al., 2016; Silva; Tiosso, 2020).

Levantamento de Requisitos

Os requisitos foram definidos a partir do domínio clínico da HPB, do uso do IPSS, das necessidades da APS e das características de uma PWA offline-first. Além das funcionalidades clínicas, foram considerados requisitos de responsividade, baixo custo, persistência local e envio complementar de relatórios por e-mail quando houver conectividade (Barry et al., 1992; Lerner et al., 2021).

Tabela 1. Requisitos funcionais consolidados do UroHPB.

Código	Requisito funcional
RF01	Permitir identificação ou cadastro inicial do paciente.
RF02	Registrar dados clínicos relevantes e informações complementares.
RF03	Disponibilizar aplicação digital do questionário IPSS.

RF04	Calcular automaticamente a pontuação total do IPSS.
RF05	Classificar a gravidade dos sintomas urinários.
RF06	Permitir registro de exames complementares, quando disponíveis.
RF07	Gerar orientação final a partir das informações inseridas.
RF08	Gerar relatório textual ou PDF ao final da avaliação.
RF09	Armazenar localmente avaliações, rascunhos e relatórios pendentes.
RF10	Permitir retomada de atendimento interrompido.
RF11	Permitir envio complementar do relatório por e-mail via API Resend quando houver conectividade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2. Requisitos não funcionais consolidados.

Código	Requisito não funcional
RNF01	Interface simples, objetiva e responsiva para ambiente clínico.
RNF02	Compatibilidade com dispositivos móveis e desktops.
RNF03	Disponibilidade das funcionalidades principais em modo offline.
RNF04	Persistência local dos dados necessários ao fluxo clínico.
RNF05	Separação entre interface, regras clínicas, persistência, relatórios e comunicação.
RNF06	Estrutura modular para manutenção e expansão futura.
RNF07	Baixo custo de implantação e manutenção.
RNF08	Comunicação por e-mail desacoplada do fluxo principal offline-first.
RNF09	Possibilidade de evolução para mecanismos adicionais de segurança, auditoria e interoperabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tecnologias Utilizadas

A pilha tecnológica foi selecionada para favorecer modularidade, tipagem, responsividade, testes funcionais, persistência local e comunicação externa controlada. O Next.js foi utilizado como estrutura da aplicação web e suporte a rotas de API; React para composição da interface; TypeScript para tipagem estática; Tailwind CSS para estilização responsiva; Zod para validação de dados; Vitest para testes; IndexedDB para persistência local; e Resend para envio de relatórios por e-mail quando houver conectividade.

Tabela 3. Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do protótipo.

Tecnologia	Finalidade no projeto
Next.js	Estrutura da aplicação web, organização de rotas e criação de rota de API para comunicação externa.
React	Construção da interface por componentes reutilizáveis.
TypeScript	Tipagem estática e maior previsibilidade do código.
Tailwind CSS	Estilização responsiva e padronização visual da interface.
Zod	Validação de esquemas e dados estruturados.
Vitest	Testes funcionais e automatizados de regras e componentes.
IndexedDB	Persistência local de avaliações, rascunhos e relatórios pendentes no navegador.
PDF client-side	Geração de relatório em PDF ao final da avaliação.
API Route / Route Handler	Camada server-side para receber solicitação de envio e acionar serviço externo.
Resend API	Envio automatizado de relatório por e-mail quando houver conexão disponível e configuração válida.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliação Funcional

A avaliação realizada concentrou-se em testes funcionais com dados simulados, verificando preenchimento das etapas, validação dos campos, cálculo do IPSS, classificação da gravidade, persistência local, retomada de rascunhos, geração de relatório e comportamento esperado do envio por e-mail em cenário com conectividade. Essa avaliação não permite inferir impacto clínico real, mas verifica a coerência técnica do protótipo desenvolvido (Barry et al., 1992).

DESENVOLVIMENTO DO UROHPB

Arquitetura Geral da Solução

A arquitetura do UroHPB foi planejada para separar responsabilidades e facilitar a manutenção. A aplicação não foi estruturada apenas como um conjunto de telas, mas como um fluxo clínico digital composto por interface, workflow, domínio clínico, persistência local, relatórios e comunicação. Essa separação é coerente com boas práticas de sistemas de apoio à decisão, pois facilita a rastreabilidade das regras, testes e evolução modular (Kilsdonk et al., 2016).

Tabela 4. Camadas da arquitetura proposta.

Camada	Responsabilidade
Interface	Apresentar telas, formulários, botões, validações e feedbacks visuais.
Workflow	Controlar estado da avaliação, etapa atual, navegação e retomada de rascunhos.
Domínio clínico	Concentrar regras de cálculo, classificação do IPSS e orientação final.
Persistência local	Armazenar avaliações, rascunhos e relatórios pendentes em IndexedDB.
Relatórios	Gerar saída textual ou PDF ao final da avaliação.
Comunicação	Enviar relatório por e-mail por meio de rota de API integrada à Resend quando houver conectividade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Fluxo Clínico Digital

O fluxo inicia com a identificação do paciente e o registro de informações básicas. Em seguida, o profissional realiza triagem clínica e informa sintomas relevantes. A etapa central apresenta o IPSS em formato digital, com validação de preenchimento e cálculo automático do escore total. Após a classificação, o sistema permite registrar exames complementares, quando disponíveis, e inserir informações adicionais que possam influenciar a orientação final (Barry et al., 1992; Lerner et al., 2021).

Ao término do fluxo, a aplicação consolida os dados coletados, apresenta orientação final e permite gerar relatório. O relatório documenta dados informados, pontuação do IPSS, classificação e recomendações gerais. Essa saída tem função de apoio ao registro e à comunicação clínica, não substituindo avaliação médica individualizada nem protocolos institucionais vigentes (Kilsdonk et al., 2016; Silva; Hattori; Bonito, [s.d.]).

Funcionamento Offline-First e Persistência Local

A estratégia offline-first foi incorporada para garantir que o fluxo principal permaneça disponível em cenários de conectividade limitada. A persistência com IndexedDB possibilita salvar avaliações em andamento, rascunhos e relatórios pendentes diretamente no navegador. Assim, a aplicação pode manter o atendimento em funcionamento mesmo quando a conexão está instável ou ausente, retomando dados locais quando necessário (Silva; Tiosso, 2020; MDN Web Docs, 2026).

Geração de Relatório e Envio por E-mail com Resend

A geração de relatório constitui uma etapa de documentação do atendimento. No UroHPB, o relatório pode ser produzido localmente em formato PDF, permitindo que o profissional mantenha uma saída consultável mesmo sem internet. Esse comportamento preserva a lógica offline-first, pois a conclusão do fluxo não depende do sucesso de comunicação com serviços externos (Silva; Tiosso, 2020; MDN Web Docs, 2026).

O envio por e-mail foi tratado como funcionalidade complementar. Quando a conectividade está disponível, a aplicação pode acionar uma rota de API do Next.js para encaminhar os dados necessários ao serviço Resend. A rota de API funciona como camada server-side, evitando que credenciais sensíveis fiquem expostas no cliente e permitindo centralizar tratamento de erros, configuração de remetente, destinatário e conteúdo enviado.

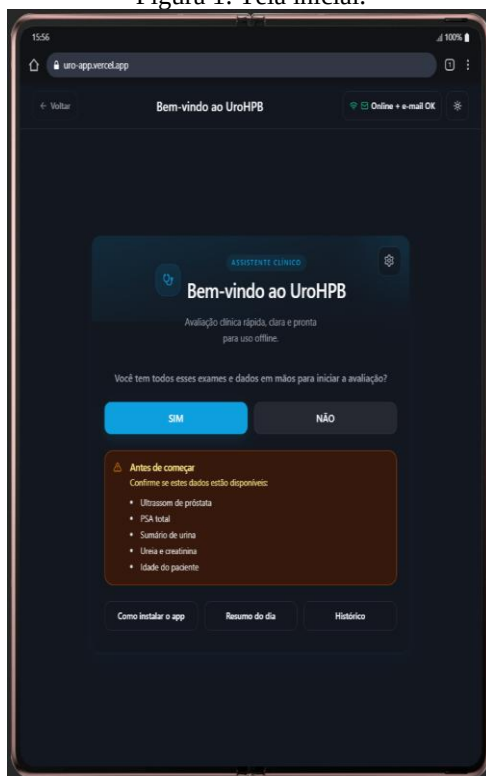
Dessa forma, a API Resend amplia a praticidade do UroHPB ao permitir o compartilhamento posterior do relatório clínico por e-mail, mas não é requisito obrigatório para cálculo do IPSS, classificação dos sintomas, geração local do relatório ou finalização do atendimento. Essa decisão arquitetural reduz a dependência de rede e mantém coerência com o objetivo de uso em unidades de saúde com infraestrutura variável (Maia; Marin, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Protótipo Funcional Obtido

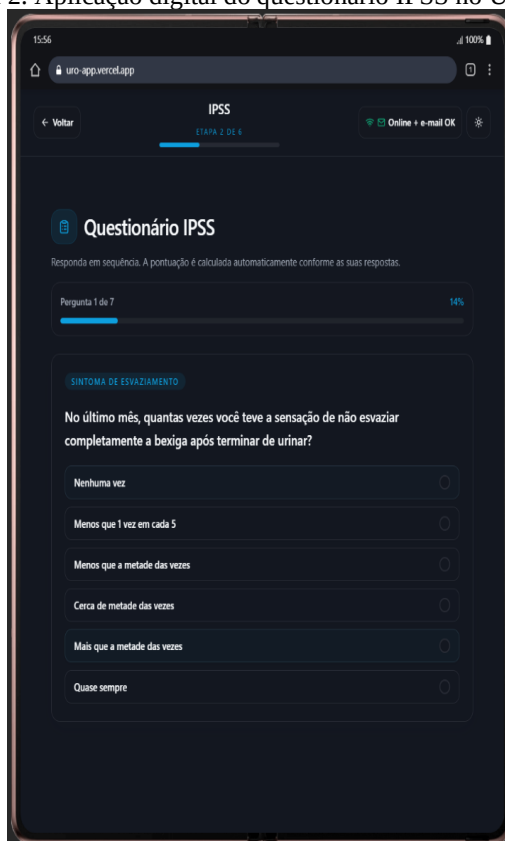
Como resultado, obteve-se um protótipo funcional (Figura 1) capaz de organizar a avaliação inicial da HPB em fluxo digital guiado. O sistema contempla identificação do paciente, registro de dados clínicos, aplicação do IPSS (Figura 2), cálculo automático da pontuação, classificação dos sintomas, registro de exames, geração de orientação final, emissão de relatório (Figura 3) e opção de envio por e-mail quando houver conectividade (Barry et al., 1992).

Figura 1. Tela inicial.



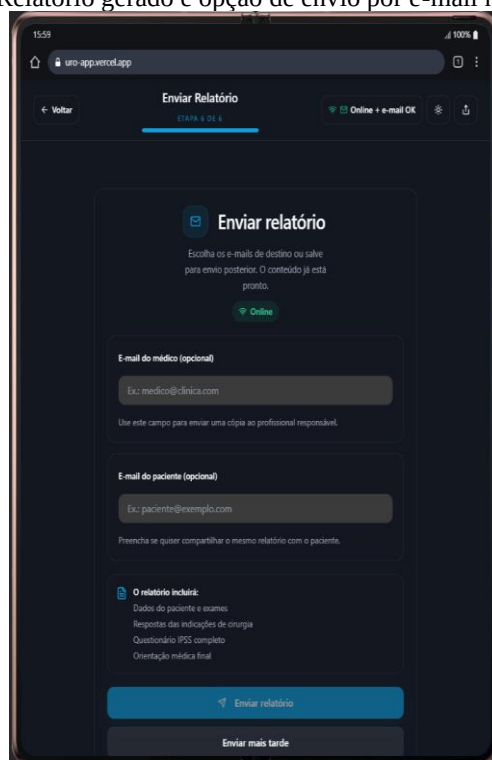
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2. Aplicação digital do questionário IPSS no UroHPB.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3. Relatório gerado e opção de envio por e-mail no UroHPB.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A separação entre interface, workflow, domínio clínico, persistência local, relatórios e comunicação favoreceu a manutenção do protótipo. As regras de cálculo e classificação permaneceram isoladas da camada visual, enquanto a persistência local permitiu continuidade do fluxo em cenários offline. A camada Resend foi mantida desacoplada para que falhas de rede ou do provedor de e-mail não bloqueiem a conclusão da avaliação.

A principal contribuição do UroHPB está na tradução de um processo clínico recorrente em um fluxo computacional padronizado. Em vez de exigir que o profissional consulte materiais dispersos, calcule manualmente escores e organize registros em documentos separados, a aplicação centraliza etapas essenciais em uma única interface. Essa padronização pode reduzir omissões, melhorar documentação e apoiar decisões de acompanhamento ou encaminhamento (Kilsdonk et al., 2016; Lerner et al., 2021).

Do ponto de vista da Engenharia de Software, a adoção de PWA offline-first reduz barreiras de implantação, pois o sistema pode ser acessado por navegador, instalado em diferentes dispositivos e utilizado em ambientes com conectividade limitada. O envio por e-mail via Resend condiciona conveniência quando a rede está disponível, mas preserva a prioridade da disponibilidade local do atendimento (Silva; Tiosso, 2020).

Discussão sobre Segurança, Privacidade e Validação

Por lidar com dados de saúde, o UroHPB deve evoluir com mecanismos adicionais de segurança, controle de acesso, auditoria, criptografia quando aplicável e adequação à legislação de proteção de dados. A integração por e-mail também exige atenção, pois relatórios clínicos podem conter informações sensíveis; por isso, a camada de envio deve ser configurada de modo restrito, com credenciais server-side, domínio verificado e mensagens compatíveis com políticas institucionais.

A versão apresentada demonstra viabilidade técnica, mas não comprova impacto clínico. Para sustentar afirmações sobre melhora da acurácia diagnóstica, redução de encaminhamentos ou aumento de resolutividade, serão necessários estudos com profissionais da APS, casos clínicos padronizados ou pacientes reais, critérios de avaliação definidos, análise estatística e apreciação ética quando aplicável (Can Cubukcu, 2025; Silva; Hattori; Bonito, [s.d.]).

Limitações

A principal limitação do estudo é a ausência de validação clínica formal com pacientes reais e profissionais da APS em ambiente de uso. Os testes realizados verificaram funcionamento técnico, mas não permitem inferir impacto sobre desfechos clínicos. Também são necessárias avaliações de usabilidade, segurança da informação, proteção de dados, interoperabilidade com prontuários eletrônicos, controle de versões das regras clínicas e validação operacional do envio por e-mail em ambientes institucionais (Can Cubukcu, 2025).

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o desenvolvimento e a avaliação funcional do UroHPB, uma aplicação web progressiva com arquitetura *offline-first* concebida para apoiar a avaliação inicial da Hiperplasia Prostática Benigna na Atenção Primária à Saúde. A solução integra três dimensões fundamentais que se articulam de modo coerente: a tradução de um processo clínico recorrente em fluxo computacional padronizado; a implementação de arquitetura modular que preserva a centralidade da decisão profissional; e a adoção de paradigma *offline-first* que garante operacionalidade em contextos de infraestrutura heterogênea, característica predominante nos

serviços públicos de saúde brasileiros.

Do ponto de vista clínico, o UroHPB endereça uma lacuna identificada na literatura científica contemporânea: a ausência de ferramentas digitais que combinem, simultaneamente, simplicidade de uso, padronização de avaliação e independência de conectividade contínua na Atenção Primária à Saúde. A aplicação digital do *International Prostate Symptom Score* (IPSS), quando integrada a um fluxo guiado e estruturado, reduz erros aritméticos decorrentes de cálculos manuais, padroniza registros clínicos e disponibiliza imediatamente a classificação de gravidade dos sintomas ao profissional, potencialmente melhorando a qualidade da documentação clínica e apoiando decisões fundamentadas de acompanhamento ou encaminhamento especializado. Contudo, é imperativo reconhecer que essa contribuição permanece circunscrita ao nível de viabilidade técnica e não constitui, por si, evidência de impacto clínico real, exigindo validação rigorosa em cenários de uso autêntico com profissionais da APS e pacientes reais.

Do ponto de vista da Engenharia de Software e da Saúde Digital, o trabalho demonstra a viabilidade técnica de integrar Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADC) determinísticos, *Progressive Web Applications* (PWA) com capacidades *offline-first*, persistência local em IndexedDB, geração de relatórios em múltiplos formatos e comunicação externa desacoplada em uma solução coerente, modular e de baixo custo de implantação. A separação arquitetural entre camadas distintas—interface, *workflow*, domínio clínico, persistência, relatórios e comunicação—não apenas facilita manutenção, testabilidade e auditoria de código, mas também permite evolução incremental de funcionalidades sem comprometer a robustez do fluxo clínico principal. A decisão deliberada de manter o envio por correio eletrônico como funcionalidade complementar, desacoplada do fluxo *offline-first*, exemplifica um trade-off consciente entre conveniência operacional e robustez funcional, particularmente relevante para contextos de saúde pública com recursos limitados e infraestrutura de conectividade instável.

A escolha tecnológica pela pilha composta por Next.js, React, TypeScript, Tailwind CSS, Zod, Vitest, IndexedDB e Resend reflete uma estratégia deliberada de priorizar tipagem estática, testabilidade automatizada, responsividade multiplataforma e baixo custo de implantação e manutenção. Embora essa combinação de tecnologias não represente inovação em si, sua aplicação integrada ao domínio clínico específico da Hiperplasia Prostática Benigna e aos requisitos funcionais e não-funcionais da Atenção Primária à Saúde constitui uma contribuição prática relevante para a comunidade de desenvolvimento em saúde digital, particularmente em contextos de recursos limitados.

A principal limitação deste estudo reside na ausência de validação clínica formal com profissionais da Atenção Primária à Saúde e pacientes reais em ambiente de uso autêntico. Os testes funcionais realizados verificaram coerência técnica do protótipo e conformidade com requisitos especificados, mas não permitem inferências robustas sobre impacto em desfechos clínicos relevantes, acurácia diagnóstica, redução de encaminhamentos desnecessários ou aumento de resolutividade na APS. Adicionalmente, não foram conduzidas avaliações de usabilidade com usuários finais utilizando protocolos padronizados, análises de segurança da informação conforme Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), testes de interoperabilidade com sistemas de prontuário eletrônico existentes ou validação operacional do envio por correio eletrônico em ambientes institucionais reais. Essas limitações não invalidam a contribuição técnica apresentada, mas circunscrevem claramente seu escopo e definem o estágio atual de maturidade do artefato como protótipo funcional, não como solução validada pronta para implantação clínica.

Este trabalho contribui para o campo de Saúde Digital e Engenharia de Software em Saúde em dimensões complementares. Na dimensão técnica, demonstra a viabilidade de combinar *Progressive Web Applications* com arquitetura *offline-first* e Sistemas de Apoio à Decisão Clínica determinísticos em uma solução modular, de baixo custo, adequada a contextos de infraestrutura heterogênea e limitada. A arquitetura proposta pode servir como referência metodológica para desenvolvimento de outras ferramentas clínicas digitais na Atenção Primária à Saúde. Na dimensão metodológica, exemplifica uma abordagem de *design science research* aplicada ao domínio clínico, integrando sistematicamente levantamento de requisitos clínicos e funcionais, modelagem arquitetural, implementação incremental e avaliação funcional. Essa metodologia pode orientar futuras pesquisas de desenvolvimento de artefatos em saúde digital. Na dimensão prática, oferece uma solução prototipada que, após validação clínica rigorosa, pode ser implantada em unidades de Atenção Primária à Saúde para apoiar a avaliação inicial de Hiperplasia Prostática Benigna, potencialmente reduzindo sobrecarga cognitiva de profissionais não especialistas em urologia e melhorando a qualidade e consistência da documentação clínica.

Para que o UroHPB evolua de protótipo funcional para solução validada e pronta para implantação clínica em larga escala, recomenda-se a execução sequencial de etapas de pesquisa estruturadas em horizonte temporal progressivo. No curto prazo (6 a 12 meses), estudos de usabilidade com médicos da Atenção Primária à Saúde ($n \geq 10$), utilizando protocolos de *think-aloud* e instrumentos padronizados como *System Usability Scale* (SUS), permitirão identificar

barreiras de uso, oportunidades de refinamento da interface e adequação do fluxo clínico ao contexto real de trabalho. Concomitantemente, validação clínica com casos simulados padronizados, comparando avaliações realizadas com e sem o UroHPB, verificará se a ferramenta melhora consistência de registros, reduz omissões de informações clínicas relevantes e acelera o processo de avaliação. Análise de segurança da informação conforme Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e diretrizes de proteção de dados em saúde, incluindo criptografia de dados em repouso e em trânsito, controle de acesso baseado em papéis, auditoria de operações e conformidade regulatória, deve ser conduzida em paralelo. No médio prazo (12 a 24 meses), estudo clínico observacional em 3 a 5 unidades de Atenção Primária à Saúde, acompanhando uso real da ferramenta por profissionais em cenários autênticos, coletará dados sobre tempo de consulta, qualidade de registros clínicos, padrões de decisão de encaminhamento e satisfação do usuário. Integração com sistemas de prontuário eletrônico existentes, testando interoperabilidade via padrões internacionais como HL7 FHIR, ampliará a aplicabilidade da solução. Revisão das regras clínicas por painel multidisciplinar de especialistas em urologia, medicina de família e atenção primária permitirá validar critérios de orientação e atualizar recomendações conforme novas evidências científicas. No longo prazo (24 meses ou mais), ensaio clínico randomizado comparando desfechos clínicos (acurácia diagnóstica, taxa de encaminhamentos apropriados, tempo de resolução, qualidade de vida de pacientes) entre unidades que utilizam o UroHPB e controles fornecerá evidência robusta de impacto clínico. Análise de custo-efetividade, quantificando economia de tempo profissional, redução de encaminhamentos desnecessários, impacto na qualidade de vida de pacientes e retorno sobre investimento, fundamentará decisões de implantação em larga escala. Expansão para outras condições urológicas frequentes na Atenção Primária à Saúde, como infecção urinária recorrente, incontinência urinária e hematuria, generalizará a arquitetura *offline-first* para um ecossistema integrado de ferramentas clínicas digitais.

Subjacente a este trabalho reside uma convicção fundamental: a transformação digital em saúde pública não é um fim em si, mas um meio para ampliar a capacidade de profissionais e sistemas de cuidado de responder adequadamente às necessidades de saúde das populações. Ferramentas computacionais bem concebidas, quando fundamentadas em compreensão profunda do domínio clínico e da realidade operacional dos serviços, podem reduzir sobrecarga cognitiva de profissionais, padronizar processos de avaliação, melhorar qualidade e consistência da documentação clínica e apoiar decisões fundamentadas, desde que preservem a centralidade

inviolável do julgamento profissional e se adaptem à realidade de infraestrutura, conectividade e recursos dos contextos onde serão utilizadas. O UroHPB, em sua forma atual, representa um passo significativo nessa direção, mas sua verdadeira contribuição para a prática clínica e para a saúde pública só será validada quando submetido ao escrutínio rigoroso de profissionais da Atenção Primária à Saúde, pacientes e pesquisadores clínicos em cenários de uso autêntico, em diálogo permanente com as comunidades que a ferramenta se propõe a servir.

REFERÊNCIAS

AMORIM SANTOS, M. *et al.* Prevalência de sintomas do trato urinário inferior relacionados à hiperplasia prostática benigna em um ambulatório de urologia no sul do estado do Maranhão. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 26, n. 1, p. 3-13, 2023.

BARRY, M. J. *et al.* The American Urological Association Symptom Index for Benign Prostatic Hyperplasia. **Journal of Urology**, v. 148, n. 5, p. 1549-1557, 1992.

CABELLINO, L. F. *et al.* Avanços contemporâneos na compreensão da fisiopatologia, diagnóstico e tratamento da hiperplasia prostática benigna: uma revisão abrangente. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 4, p. 2276-2286, 2024.

CAN CUBUKCU, H. Usability assessments in clinical decision support systems. **Northern Clinics of Istanbul**, p. 372-377, 2025.

CRETA, M. *et al.* Mobile health: a promising tool for the management of male patients with lower urinary tract symptoms suggestive of benign prostatic hyperplasia. **Prostate Cancer and Prostatic Diseases**, v. 26, n. 4, p. 712-714, 2023.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

KILSDONK, E. *et al.* Uncovering healthcare practitioners information processing using the think-aloud method: from paper-based guideline to clinical decision support system. **International Journal of Medical Informatics**, v. 86, p. 10-19, 2016.

LERNER, L. B. *et al.* Management of lower urinary tract symptoms attributed to benign prostatic hyperplasia: AUA Guideline Part I - initial work-up and medical management. **Journal of Urology**, v. 206, n. 4, p. 806-817, 2021.

MAIA, J. S.; MARIN, H. F. Aplicativos móveis para as sociedades menos favorecidas. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 34, p. eAPE002214, 2021.

MAPURUNGA, B. M. **Desenvolvimento de aplicativo móvel para auxiliar médicos não urologistas no manejo da hiperplasia prostática benigna**. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal) – Universidade Estadual do Ceará, 2022.

MDN WEB DOCS. IndexedDB API. **Mozilla Developer Network**, 2026. Disponível em:

https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/IndexedDB_API.

NEXT.JS. Next.js documentation: Route Handlers and API Routes. **Vercel**, 2026. Disponível em: <https://nextjs.org/docs>.

REACT. React documentation. **Meta Open Source**, 2026. Disponível em: <https://react.dev/>.

RESEND. Send emails with Node.js. **Resend Documentation**, 2026. Disponível em: <https://resend.com/docs/send-with-nodejs>.

ROSS, J. R. *et al.* Aplicativos de tecnologia móvel desenvolvidos na geração de informações relacionados à atenção primária à saúde: análise da contribuição brasileira. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 15, n. 2, p. e9698, 2022.

SILVA, D. F. J.; HATTORI, W. T.; BONITO, R. F. **Sistemas de apoio à decisão clínica e desfecho clínico na Atenção Primária à Saúde: uma revisão sistemática.** [s.d.].

SILVA, J. K.; TIOSSO, F. Revisão bibliográfica sobre conceito de Progressive Web Applications (PWA). **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 53-64, 2020.

TAILWIND CSS. Documentation. **Tailwind Labs**, 2026. Disponível em: <https://tailwindcss.com/>.

TYPESCRIPT. TypeScript documentation. **Microsoft**, 2026. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org/docs/>.

VITEST. Guide. **Vitest**, 2026. Disponível em: <https://vitest.dev/guide/>.