v.6, n.1, 2026

REVISTA CIENTÍFICA RECISATEC
ISSN 2763-8405

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MÓVEL APLICADO À ATENÇÃO PRIMÁRIA EM SAÚDE PARA TRATAMENTO DE PACIENTES COM HIPERPLASIA PROSTÁTICA BENIGNA: RELATO DE EXPERIÊNCIA

DEVELOPMENT OF A MOBILE SYSTEM APPLIED TO PRIMARY HEALTH CARE FOR THE TREATMENT OF PATIENTS WITH BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA: EXPERIENCE REPORT

DESARROLLO DE UN SISTEMA MÓVIL APLICADO A LA ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD PARA EL TRATAMIENTO DE PACIENTES CON HIPERPLASIA PROSTÁTICA BENIGNA: RELATO DE EXPERIENCIA

Douglas Adones de Souza Nascimento[1], Kauan Lucena de Almeida Amorim[1], Diógenes Lavor Bezerra[2], Dario Brito Calçada[1]

e61431
https://doi.org/10.70187/recisatec.v6i1.431

PUBLICADO: 06/2026

RESUMO

A Hiperplasia Prostática Benigna (HPB) é uma condição crônica de altíssima prevalência no envelhecimento masculino, sendo caracterizada pelo aumento da glândula prostática e por gerar frequentes sintomas do trato urinário inferior. No âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), a Atenção Primária atua como a porta de entrada preferencial. Entretanto, médicos não especialistas enfrentam expressivas dificuldades na interpretação e aplicação contínua das complexas diretrizes urológicas, o que resulta em grande variabilidade no cuidado e num volume muito alarmante de encaminhamentos totalmente desnecessários para a atenção especializada. Para conseguir mitigar tal cenário, os Sistemas de Suporte à Decisão Clínica (SSDC) despontam como ferramentas tecnológicas essenciais. Contudo, a deficiência crônica de infraestrutura e a forte instabilidade de internet nas Unidades Básicas de Saúde inviabilizam soluções dependentes de nuvem. Este artigo apresenta formalmente o detalhado relato de experiência do desenvolvimento do UroHPB, um eficiente SSDC projetado sob a robusta arquitetura de *Progressive Web App* com premissa *offline-first*, construído para guiar médicos generalistas no diagnóstico assertivo e tratamento da HPB. O processo integrou o Ciclo de Vida do Desenvolvimento de *Software* e *Design Thinking*, traduzindo rigorosamente as diretrizes da *American Urological Association* em precisos algoritmos locais. O sistema aplica o armazenamento *client-side*, assegurando profunda aderência à Lei Geral de Proteção de Dados, renderizando laudos em PDF no próprio dispositivo. A validação técnica atestou a exatidão da árvore de decisão algorítmica, confirmando que a isolação do domínio clínico reduz a carga cognitiva médica, promovendo uma ferramenta incrivelmente ágil e altamente resolutiva para o moderno SUS.

PALAVRAS-CHAVE: Hiperplasia Prostática Benigna. Sistemas de Suporte à Decisão Clínica. Atenção Primária à Saúde. Aplicativos Móveis. Informática em Saúde.

ABSTRACT

Benign Prostatic Hyperplasia (BPH) is a highly prevalent chronic condition in the aging male population, characterized by prostate gland enlargement and the generation of frequent lower urinary tract symptoms. Within the Brazilian Unified Health System (SUS), Primary Health Care acts as the preferred point of entry. However, non-specialist physicians face significant difficulties in the continuous interpretation and application of complex urological guidelines, resulting in great variability in care and an alarming volume of totally unnecessary referrals to specialized care. To mitigate this scenario, Clinical Decision Support Systems (CDSS) emerge as essential technological tools. Nevertheless, the chronic infrastructure deficiency and strong internet instability in Basic Health Units render cloud-dependent solutions unfeasible. This article formally presents the detailed experience report on the development of UroHPB, an efficient CDSS designed under the robust Progressive Web App

[1] Universidade Estadual do Piauí - UESPI.
[2] Universidade Federal do Ceará - UFC.

REVISTA CIENTÍFICA RECISATEC
ISSN 2763-8405

architecture with an offline-first premise, built to guide general practitioners in the assertive diagnosis and treatment of BPH. The process integrated the Software Development Life Cycle and Design Thinking, rigorously translating the American Urological Association guidelines into precise local algorithms. The system applies client-side storage, ensuring deep adherence to the General Data Protection Law, rendering PDF reports on the device itself. Technical validation attested to the accuracy of the algorithmic decision tree, confirming that the isolation of the clinical domain reduces medical cognitive load, promoting an incredibly agile and highly resolute tool for the modern SUS.

***KEYWORDS**: Benign Prostatic Hyperplasia. Clinical Decision Support Systems. Primary Health Care. Mobile Applications. Health Informatics.*

RESUMEN
La Hiperplasia Prostática Benigna (HPB) es una condición crónica de altísima prevalencia en el envejecimiento masculino, caracterizada por el agrandamiento de la glándula prostática y por generar frecuentes síntomas del tracto urinario inferior. En el ámbito del Sistema Único de Salud (SUS), la Atención Primaria actúa como la puerta de entrada preferencial. Sin embargo, los médicos no especialistas se enfrentan a importantes dificultades en la interpretación y aplicación continua de las complejas directrices urológicas, lo que resulta en una gran variabilidad en la atención y en un volumen muy alarmante de derivaciones totalmente innecesarias a la atención especializada. Para lograr mitigar este escenario, los Sistemas de Soporte a la Decisión Clínica (SSDC) despuntan como herramientas tecnológicas esenciales. No obstante, la deficiencia crónica de infraestructura y la fuerte inestabilidad de internet en las Unidades Básicas de Salud inviabilizan las soluciones dependientes de la nube. Este artículo presenta formalmente el detallado relato de experiencia del desarrollo de UroHPB, un eficiente SSDC diseñado bajo la robusta arquitectura de Progressive Web App con premisa offline-first, construido para guiar a los médicos generalistas en el diagnóstico asertivo y el tratamiento de la HPB. El proceso integró el Ciclo de Vida del Desarrollo de Software y Design Thinking, traduciendo rigurosamente las directrices de la American Urological Association en precisos algoritmos locales. El sistema aplica el almacenamiento client-side, asegurando una profunda adherencia a la Ley General de Protección de Datos, renderizando informes en PDF en el propio dispositivo. La validación técnica atestiguó la exactitud del árbol de decisión algorítmico, confirmando que el aislamiento del dominio clínico reduce la carga cognitiva médica, promoviendo una herramienta increíblemente ágil y altamente resolutiva para él SUS moderno.

***PALABRAS CLAVE**: Hiperplasia Prostática Benigna. Sistemas de Soporte a la Decisión Clínica. Atención Primaria de Salud. Aplicaciones Móviles. Informática en Salud.*

INTRODUÇÃO

A Hiperplasia Prostática Benigna (HPB) é uma condição urológica crônica e progressiva, caracterizada pela proliferação anormal, porém não cancerosa, de células epiteliais e do estroma prostático, instalando-se predominantemente na zona de transição da glândula (Cabellino *et al.*, 2024).

A prevalência desta patologia é notavelmente elevada, afetando cerca de 50% da população masculina a partir da quinta década de vida e atingindo índices alarmantes de 80% a 90% em homens que se encontram na oitava década (Cabellino *et al.*, 2024). O crescimento volumétrico da próstata acarreta a compressão mecânica da uretra, gerando os denominados Sintomas do Trato Urinário Inferior (STUI), que englobam manifestações de armazenamento (urgência, noctúria, polaciúria) e de esvaziamento (jato fraco, hesitação, sensação de esvaziamento incompleto) (Cabellino *et al.*, 2024).

Tais sintomas exercem um impacto profundo e deletério na qualidade de vida dos pacientes, interferindo na rotina diária, no padrão de sono e na produtividade laboral, além de imporem riscos de

complicações severas como retenção urinária aguda, infecções de repetição, hidronefrose e insuficiência renal crônica (Cabellino *et al.*, 2024; Nogueira Junior *et al.*, 2024). No contexto da saúde pública brasileira, especificamente no Sistema Único de Saúde (SUS), a Atenção Primária em Saúde (APS) consolida-se como a porta de entrada preferencial e o nível estratégico mandatório para a gestão inicial desses indivíduos (Ross *et al.*, 2022). Grande parte dos pacientes acometidos por HPB possui indicação exclusiva de tratamento clínico e conservador, devendo ser adequadamente avaliada, diagnosticada e manejada por médicos generalistas e de família, sem a necessidade imediata de intervenção da urologia especializada (Brasil. Ministério da Saúde; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016).

O cerne do problema, contudo, reside na expressiva variabilidade e na imprecisão do cuidado prestado por esses profissionais não especialistas no momento do atendimento primário. A prática clínica cotidiana revela que os médicos generalistas enfrentam formidáveis dificuldades cognitivas e operacionais na interpretação e na aplicação padronizada das complexas diretrizes urológicas recomendadas por instituições de referência (Silva, D. F. J.; Hattori; Bonito, 2022). Essa limitação no domínio do raciocínio urológico resulta em condutas subótimas, diagnósticos equivocados e prescrições terapêuticas ineficazes, culminando em um volume exorbitante de encaminhamentos desnecessários para a atenção especializada (Mapurunga, 2022). As consequências dessa ineficiência na base do sistema são gravíssimas e quantificáveis. Uma análise epidemiológica recente abrangendo o período de 2019 a 2023 revelou que o Brasil sofreu um aumento drástico de 25% nas internações hospitalares decorrentes de complicações diretas da HPB, totalizando mais de 93.006 hospitalizações, das quais 25% ocorreram em caráter de urgência absoluta (Nogueira Junior *et al.*, 2024). Estudos empíricos de validação demonstraram que médicos não urologistas, quando desprovidos de ferramentas de apoio cognitivo, apresentam uma taxa de acerto de meros 41,6% na tomada de decisão frente a casos clínicos de HPB, evidenciando uma lacuna perigosa de conhecimento na escolha entre o tratamento expectante, a monoterapia com alfabloqueadores, a terapia combinada ou o encaminhamento para ressecção cirúrgica (Mapurunga, 2022). Agrega-se a este cenário de incerteza a constatação de que, embora o uso de tecnologias móveis (mHealth) seja amplamente difundido, há uma escassez crítica de aplicativos voltados especificamente para guiar a conduta da HPB; a imensa maioria das soluções disponíveis no mercado limita-se a calculadoras isoladas de densidade prostática ou a conteúdos estritamente educacionais focados em neoplasias, falhando em fornecer o suporte sistêmico e algorítmico necessário para o médico da atenção básica (Mapurunga, 2022).

A justificativa tecnológica para a adoção de Sistemas de Suporte à Decisão Clínica (SSDC) na APS baseia-se na imperiosa necessidade de reverter esse quadro de falhas diagnósticas e de sobrecarga hospitalar. Sistemas computadorizados têm o potencial comprovado de complementar o conhecimento médico, cruzando rapidamente variáveis fisiológicas do paciente com diretrizes baseadas em evidências para fornecer recomendações precisas e mitigar erros (Ross *et al.*, 2022; Silva, D. F. J.; Hattori; Bonito, 2022). Todavia, a implementação de qualquer ferramenta de saúde digital

no Brasil esbarra em limitações agudas de infraestrutura física, notadamente a instabilidade crônica, lentidão ou a total ausência de conexão com a internet nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) localizadas em zonas rurais, ribeirinhas ou periferias urbanas (Maia; Marin, 2021). Softwares médicos tradicionais, que operam na modalidade *cloud computing* (computação em nuvem), tornam-se inoperantes nesses cenários (Ross *et al.*, 2022). Sendo assim, a adoção da arquitetura de *Progressive Web App* (PWA) construída sob premissas estritas de funcionamento *offline-first* justifica-se como a única via tecnológica viável, garantindo que o médico possua o suporte algorítmico ininterruptamente, independentemente da disponibilidade de telecomunicações do Estado (Silva, J. K.; Tiosso, 2020).

Além disso, o processamento inteiramente local dos dados do paciente e a geração de laudos no próprio dispositivo garantem total aderência aos princípios do *Privacy by Design* e aos ditames normativos da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), salvaguardando o sigilo de prontuários em um ambiente livre de tráfego de rede vulnerável (Domingues, 2026; Silva, A. P. da *et al.*, 2021).

Diante da problemática assistencial e das deficiências de infraestrutura tecnológica expostas, o objetivo geral deste estudo é apresentar formalmente o relato de experiência do desenvolvimento tecnológico e da estruturação do UroHPB, um Sistema de Suporte à Decisão Clínica concebido em formato de aplicativo móvel offline, voltado a capacitar e guiar médicos não especialistas da Atenção Primária no rastreio, diagnóstico, prescrição terapêutica e encaminhamento de pacientes com Hiperplasia Prostática Benigna. Para a consecução deste objetivo geral, delinearam-se os seguintes objetivos específicos: mapear exaustivamente as diretrizes urológicas da *American Urological Association* (AUA) e Sociedade Brasileira de Urologia (SBU) convertendo-as em um contrato clínico determinístico; empregar metodologias de *Design Thinking* para arquitetar uma interface modular que separe o domínio clínico das regras visuais, visando a redução da carga cognitiva médica; implementar a infraestrutura em formato PWA e banco de dados local (IndexedDB) assegurando plena capacidade *offline* e adequação à LGPD; e validar algoritmicamente a precisão matemática da ferramenta por meio de cobertura de testes automatizados e simulações de casos clínicos sintéticos, atestando sua confiabilidade antes da aplicação real.

REFERENCIAL TEÓRICO

HIPERPLASIA PROSTÁTICA BENIGNA E A ATENÇÃO PRIMÁRIA EM SAÚDE

No Brasil, o envelhecimento populacional acentua a relevância da Hiperplasia Prostática Benigna (HPB) como um problema de saúde pública. Trata-se de uma condição que causa morbidade principalmente através dos sintomas urinários associados, impactando severamente a qualidade de vida de homens mais velhos (Barry *et al.*, 1992). O manejo adequado dessa condição é um desafio constante para o Sistema Único de Saúde (SUS), pois a falha no diagnóstico e tratamento inicial pode levar a complicações graves que exigem encaminhamento para urgência ou urologia, tais como episódios de obstrução urinária aguda, infecção urinária recorrente e doença renal crônica associada à obstrução prostática (Brasil. Ministério da Saúde; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016).

REVISTA CIENTÍFICA RECISATEC
ISSN 2763-8405

A Atenção Primária em Saúde (APS), concretizada nas Unidades Básicas de Saúde (UBS), é a porta de entrada preferencial e o nível de atenção mais estratégico para o manejo da HPB no SUS. O clínico geral ou médico de família e comunidade na UBS é o responsável pelo rastreamento, diagnóstico inicial e acompanhamento dos casos leves e moderados. A abordagem na APS prioriza o manejo clínico inicial. Conforme os protocolos de encaminhamento, o tratamento clínico otimizado consiste no uso de alfabloqueadores por pelo menos 30 dias e, em casos de próstata aumentada (maior que 40g) ou PSA elevado, a associação com inibidores da 5-alfa-redutase, sendo o encaminhamento ao especialista indicado em casos refratários a essa terapia (Brasil. Ministério da Saúde; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016). A importância da UBS reside na sua capacidade de acompanhamento longitudinal e na coordenação do cuidado. No entanto, a heterogeneidade de conhecimento e a falta de ferramentas de apoio à decisão no ponto de atendimento nas UBS representam uma barreira para a padronização do cuidado (Silva, D. F. J.; Hattori; Bonito, 2022).

SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO CLÍNICA E O ALGORITMO DE TRATAMENTO

Sistemas de Suporte à Decisão Clínica (SSDC) são ferramentas de tecnologia da informação projetadas para auxiliar médicos e outros profissionais de saúde na tomada de decisões clínicas (Silva, D. F. J.; Hattori; Bonito, 2022). Eles integram dados do paciente com uma base de conhecimento clínico (como diretrizes e protocolos) para gerar recomendações específicas no ponto de atendimento. A aplicação de SSDCs na APS tem se mostrado promissora para reduzir erros médicos, aumentar a adesão a diretrizes e melhorar a qualidade do cuidado (Silva, D. F. J.; Hattori; Bonito, 2022). O UroHPB se insere nesse contexto como um SSDC focado na HPB, com a função principal de mitigar a variabilidade clínica, oferecendo um fluxo de trabalho padronizado para o clínico geral da UBS.

O *International Prostate Symptom Score* (IPSS) é o pilar fundamental para a avaliação da gravidade dos sintomas da HPB e para a definição da conduta terapêutica. Desenvolvido pela *American Urological Association* (AUA) e adotado internacionalmente, o IPSS permite classificar a gravidade dos sintomas em leve (score 0-7), moderada (8-19) e grave (20-35), correlacionando-se diretamente com o nível de incômodo relatado pelo paciente (Barry *et al.*, 1992). A validação do IPSS para o português brasileiro é um ponto crucial que garante a aplicabilidade clínica da ferramenta no contexto nacional (Berger *et al.*, 1999). A tecnologia automatiza o cálculo do IPSS e utiliza o resultado, juntamente com outros dados de entrada (PSA, volume prostático), para acionar o algoritmo de decisão clínica, que fornece as orientações de tratamento e encaminhamento (Lerner *et al.*, 2021).

MHEALTH, ENGENHARIA DE SOFTWARE E PRIVACIDADE DE DADOS

O termo mHealth (*mobile health*) refere-se à prática da medicina e saúde pública suportada por dispositivos móveis (Maia; Marin, 2021). No Brasil, o mHealth é uma estratégia crescente dentro da Saúde Digital do SUS, com potencial para superar barreiras geográficas e de acesso à informação. A

solução proposta representa uma estratégia mHealth que visa levar o conhecimento especializado (urologia) para o ponto de atendimento primário (UBS).

O desenvolvimento de aplicativos mHealth requer uma abordagem metodológica rigorosa. Estudos como o de Mapurunga (2022) demonstram a importância de combinar a Engenharia de Software com requisitos de usabilidade clínica para garantir a eficácia da ferramenta. A estruturação da ferramenta computacional em uma arquitetura *Progressive Web App* (PWA) com tecnologias modernas garante a acessibilidade em diferentes plataformas e a facilidade de distribuição, fatores cruciais para a adoção em um ambiente como a UBS. A usabilidade é um fator crítico de sucesso para qualquer SSDC em saúde, visto que um aplicativo com baixa usabilidade pode ser rejeitado pelos profissionais, anulando seus benefícios clínicos (Silva, A. P. da *et al.*, 2021).

Considerando que um SSDC lida com dados pessoais sensíveis de pacientes (como idade, scores IPSS e resultados de exames como PSA), a segurança e a privacidade da informação são aspectos cruciais e inegociáveis para o seu desenvolvimento. É imperativo que o sistema seja concebido em estrita conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) brasileira, que estabelece regras claras para a coleta, tratamento e armazenamento de dados (Brasil, 2018). A arquitetura deve ser fundamentada no princípio de *Privacy by Design*, o qual exige que as medidas de proteção de dados sejam incorporadas ao projeto desde as fases iniciais, mitigando riscos de vazamento ou uso indevido.

MÉTODO

A formulação deste projeto enquadra-se metodologicamente como uma pesquisa aplicada e tecnológica, materializada na forma de um relato de experiência de desenvolvimento de software em saúde. Essa classificação metodológica justifica-se pela finalidade estritamente prática da investigação: intervir na realidade da assistência pública brasileira por meio da criação de um produto tangível e resolutivo, concebido para corrigir o fluxo de pacientes portadores de HPB e aprimorar a assertividade terapêutica na APS (Maia; Marin, 2021; Ross *et al.*, 2022).

O processo de estruturação da solução pautou-se por uma robusta integração entre o clássico Ciclo de Vida do Desenvolvimento de Software (CVDS) e as premissas criativas e empáticas do *Design Thinking* (Can Cubukcu, 2025). O CVDS forneceu a espinha dorsal gerencial do projeto, organizando as etapas sequenciais de levantamento de requisitos, arquitetura de sistemas, codificação, testes unitários e homologação final, conferindo rigor e auditabilidade ao código-fonte da aplicação (Mapurunga, 2022). Concomitantemente, o *Design Thinking* garantiu que o desenvolvimento permanecesse obstinadamente centrado nas dores e limitações operacionais reais do usuário final, o médico não especialista inserido na realidade frequentemente precária das UBS (Can Cubukcu, 2025; Silva, A. P. da *et al.*, 2021). Essa sinergia permitiu a adoção de metodologias ágeis (como *Extreme Programming*) que favoreceram iterações rápidas da interface, possibilitando ajustes arquiteturais

contínuos em resposta à necessidade de ocultar a complexidade técnica dos fluxogramas médicos sob uma experiência de usuário (UX) indolor e limpa (Mapurunga, 2022).

RELATO DE EXPERIÊNCIA

O processo prático de concepção e desenvolvimento do sistema foi estruturado em quatro etapas principais, adotando uma abordagem incremental focada em resolver desafios operacionais reais da Atenção Primária em Saúde.

Na Fase 1 (Análise e Requisitos), realizou-se uma revisão bibliográfica baseada nas diretrizes clínicas da *American Urological Association* (AUA) e da Sociedade Brasileira de Urologia (SBU). O objetivo central foi mapear os protocolos de manejo da HPB para definir rigorosamente os requisitos de entrada (dados do paciente e exames como PSA e volume prostático) e de saída (cálculo do score IPSS, estratificação de risco e recomendações de conduta). Além disso, modelou-se o contrato clínico do sistema como uma fonte única de verdade (*single source of truth*). Esse cuidado arquitetural foi definido para garantir que a orientação final gerada não sofresse divergência entre o que é exibido na tela, o que fica salvo no histórico local e o que é consolidado no relatório em PDF, estabelecendo as bases para a confiabilidade e rastreabilidade da ferramenta médica. Mapeou-se todo o fluxo de estados do atendimento, prevendo cenários práticos como a ausência de exames ou indicações cirúrgicas imediatas.

Na Fase 2 (Projeto e Design), elaboraram-se os protótipos de alta fidelidade focados em *User Experience* (UX) e *User Interface* (UI). Priorizou-se o uso de um design limpo e minimalista, gerenciado por um componente centralizador (AppShell) responsável por orquestrar a navegação, o progresso do atendimento e o status de conectividade. O layout foi cuidadosamente adaptado para responsividade, visando reduzir a carga cognitiva do médico generalista, visto que a usabilidade é fator determinante para a aceitação e eficácia de ferramentas digitais por profissionais de saúde (Silva, A. P. da *et al.*, 2021). Adotou-se o uso de cartões clínicos modulares e áreas de ação fixas (*sticky*) no mobile para priorizar clareza, enquanto no desktop a interface foi projetada para não parecer apenas uma tela de celular ampliada. Simultaneamente, estruturou-se o Sistema de Suporte à Decisão Clínica (SSDC), isolando completamente o domínio clínico de regras de negócio das camadas de interface de usuário.

Na Fase 3 (Implementação), a codificação adotou a arquitetura *Progressive Web App* (PWA) fortemente orientada ao princípio *offline-first*. O *front-end* foi desenvolvido com a linguagem TypeScript, a biblioteca React 19 e o *framework* Next.js 15 (utilizando o App Router). A interface foi construída com Tailwind CSS e componentes acessíveis do Radix UI, enquanto a validação rigorosa dos esquemas de dados foi garantida pela biblioteca Zod. Para assegurar a independência de um banco de dados em nuvem obrigatório e manter a estrita conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (Brasil, 2018), sob a premissa de *Privacy by Design*, implementou-se uma camada de persistência inteiramente no lado do cliente via IndexedDB. Essa infraestrutura permitiu recursos vitais como a recuperação de rascunhos (*draft recovery*), garantindo que uma consulta não seja perdida se o

navegador for fechado acidentalmente, e uma fila inteligente de sincronização (*sync queue*), que represa relatórios emitidos sem internet na UBS e efetua tentativas automáticas de envio quando a conexão é restabelecida.

Por fim, na Fase 4 (Testes e Validação), a garantia de qualidade técnica empregou uma robusta bateria de testes automatizados utilizando o *framework* Vitest. O foco principal foi garantir uma cobertura irrestrita das regras matemáticas do questionário IPSS, dos alertas dinâmicos de PSA variando por faixa etária e da exatidão da árvore de decisão clínica (*guidance*). Adicionalmente, realizaram-se simulações funcionais simulando as transições de estado do sistema com dados sintéticos que mimetizavam variados perfis de pacientes. Essa etapa provou-se essencial para validar a assertividade do algoritmo no enquadramento de condutas terapêuticas, indo de casos leves até necessidades de biópsia, a fim de avaliar o sistema sob estresse funcional sem expor dados reais de saúde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A convergência dos processos metodológicos culminou em um protótipo ágil, clinicamente coerente e integralmente resolutivo: o UroHPB. O resultado visual da aplicação dessas diretrizes de design na tela inicial do sistema pode ser observado na Figura 1.

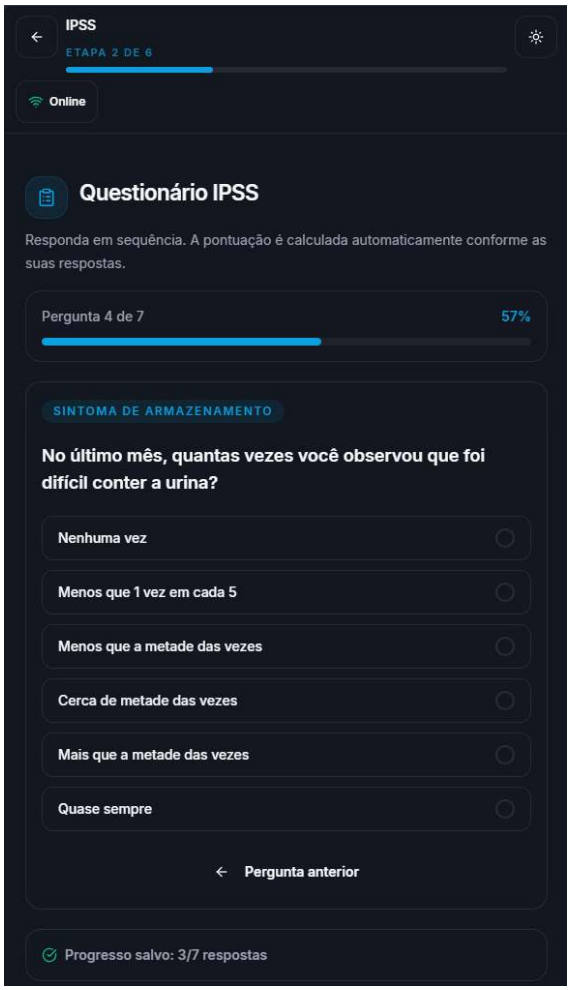
Figura 1. Interface principal do sistema e tela de verificação de requisitos clínicos.



Fonte: Autores.

A implementação e divisão da arquitetura gerou módulos funcionais independentes que trabalham em harmonia na tomada de decisão. O primeiro pilar é o módulo de automação algorítmica do *International Prostate Symptom Score* (IPSS). Ao invés da morosa contagem manual em papel, o sistema provê as sete questões de esvaziamento e armazenamento miccional de forma interativa (Amorim Santos *et al.*, 2023; Barry *et al.*, 1992; Mapurunga, 2022). Concomitantemente a esta coleta, o segundo módulo efetua o processamento cruzado das variáveis complementares indispensáveis, incluindo a volumetria da próstata em ultrassonografia e a quantificação do Antígeno Prostático Específico (PSA) em conformidade com a idade (Brasil. Ministério da Saúde; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016; Cabellino *et al.*, 2024; Domingues, 2026). O sistema tabula instantaneamente as respostas, estratificando os sintomas em níveis leve, moderado ou grave (Domingues, 2026; Mapurunga, 2022). A interface desenvolvida para esta automação, focada na usabilidade do profissional de saúde, pode ser observada na Figura 2.

Figura 2. Interface do módulo de avaliação e automação do questionário IPSS.



Fonte: Autores.

Essas variáveis nutrem o módulo central: a complexa árvore de decisão para encaminhamentos e tratamento. Esta árvore emula o raciocínio hierárquico do especialista. O aplicativo submete os parâmetros a filtros sequenciais de alertas clínicos. Se o IPSS indicar sintomas intensos, associado a um volume prostático superior a 40g ou PSA limítrofe, o sistema direciona automaticamente a sugestão para a terapia combinada (alfabloqueador mais inibidor da 5-alfa-redutase) visando frear a progressão celular e o risco de retenção urinária (Mapurunga, 2022). Por outro lado, caso existam determinantes de complicações maiores, como hematúria persistente, retenção crônica refratária com alto resíduo miccional, infecções de repetição ou distúrbios da função renal (ureia/creatinina anormais) configurando indicações absolutas de abordagem cirúrgica, o fluxo terapêutico paralisa as opções farmacológicas e deflagra uma sinalização mandatória, bloqueando condutas locais e indicando o imediato encaminhamento à atenção urológica especializada (Brasil. Ministério da Saúde; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016).

No prisma das soluções de engenharia, a persistência de informações superou o desafio das oscilações de conectividade comuns em APS (Ross *et al.*, 2022; Silva, J. K.; Tiosso, 2020). A adoção da tecnologia *client-side* via IndexedDB proveu mecanismos essenciais de confiabilidade: o *draft recovery* (recuperação de rascunhos) e a *sync queue* (fila de sincronização local). Na eventualidade do navegador fechar abruptamente no decurso de um atendimento demorado, o preenchimento algorítmico e as escolhas do IPSS permanecem salvas, aguardando o retorno do profissional sem perdas de trabalho. Mais substancialmente para a mitigação de vazamento de informações médicas sigilosas, o UroHPB alcançou a independência na produção documental executando a geração e emissão dos laudos de condutas, prescrições padronizadas e termos de encaminhamento em formato PDF inteiramente pelo processo de *client-side rendering* (Domingues, 2026). Diferindo das tecnologias habituais, o celular ou computador do usuário processa toda a biblioteca de compilação gráfica de maneira nativa, extirpando absolutamente o envio de prontuários com nomes ou números de identificação a qualquer rede ou servidor em nuvem (Silva, A. P. da *et al.*, 2021).

A etapa basilar da entrega da solução exigiu profunda validação técnica. Com o intuito de extirpar o risco de erros de interpretação por variáveis flutuantes, elaborou-se uma sólida bateria de testes automatizados com emprego do *framework* Vitest. Estes códigos varreram dezenas de permutações combinatórias, assegurando que cruzamentos improváveis ou complexos na árvore de decisão não conduzissem a saídas indefinidas ou erros (*bugs*) matemáticos de estadiamento. O complemento a este escrutínio deu-se pela submissão do software a simulações de assertividade clínica. Com a elaboração técnica de casos sintéticos e fictícios de HPB (possuindo variações etárias extremas, quadros simulados de falência renal, e perfis prostáticos obstrutivos severos sem exposição da privacidade de nenhum paciente humano vivo), atestou-se o perfeito escoamento lógico do sistema (Domingues, 2026). O desempenho emulou e até sobrepôs as respostas médias de médicos generalistas, balizando algoritmicamente as predições a um nível comparativo similar ao desempenho dos urologistas (Li *et al.*, 2026; Mapurunga, 2022). O sucesso destas baterias técnicas autoriza e consolida o protótipo como ferramenta fundamental de inovação em saúde, garantindo confiabilidade clínica plena antes que o software penetre as paredes da UBS real.

A introdução de Sistemas de Suporte à Decisão Clínica no núcleo operacional da Atenção Primária em Saúde impõe que a engenharia de tecnologia equilibre precisão e eficiência psíquica. Uma das discussões mais vitais na informática médica contemporânea foca-se na interpretação de como sistemas digitais não podem agregar mais exaustão às já conturbadas rotinas médicas (Kilsdonk *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2026; Silva, A. P. da *et al.*, 2021). No UroHPB, o cumprimento contundente do objetivo de reduzir a carga cognitiva do profissional está diretamente amparado em duas escolhas de design arquitetônico. Primeiro, a drástica eliminação da latência de rede proporcionada pelo comportamento nativo do *Progressive Web App* na execução *offline*. Sem depender de sucessivas chamadas de API (comunicações remotas) que comumente induzem frustrantes telas de carregamento no uso contínuo das UBS com redes restritas, o tempo transcorrido entre a entrada da sintomatologia urológica e a

manifestação da orientação fluiu instantaneamente (Silva, J. K.; Tiosso, 2020). Em segundo, a restrita e focada modularização da interface. A literatura que estuda métodos heurísticos de transição de diretrizes em papel para telas aponta que sobrecarregar o painel com pormenores matemáticos satura a memória do usuário (Kilsdonk *et al.*, 2016). Ao manter sob a invisibilidade (no domínio clínico subjacente do código) todos os limiares métricos do PSA, da conversão volumétrica e do peso estatístico do questionário IPSS, as telas reativas solicitaram do usuário apenas escolhas lógicas e binárias (Domingues, 2026; Silva, J. K.; Tiosso, 2020). Converteu-se o fardo psíquico em um fluxo colaborativo onde a capacidade médica voltou-se unicamente ao discernimento humano da anamnese e escuta empática.

A análise crítica das escolhas arquiteturais comprova um avanço imensurável nos paradigmas de proteção à informação frente às tendências literárias e mercadológicas. Grande parte dos softwares equivalentes que manipulam fluxos preditivos, incluindo inteligências artificiais recentes e plataformas eletrônicas convencionais, assentam-se intrinsecamente na dependência do processamento em nuvem, requerendo intercâmbio contínuo e maciço de dados dos pacientes por protocolos HTTP/HTTPS e submetendo arquivos em servidores de terceiros (Li *et al.*, 2026; Silva, A. P. da *et al.*, 2021). Em total oposição a este padrão, a adoção de uma arquitetura de persistência *client-side* rígida no UroHPB materializou uma fortaleza tecnológica e de confidencialidade (Domingues, 2026). A manutenção nativa local sem emissões externas eleva o respeito à privacidade às premissas magnas exigidas pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e o sigilo exigido nos conselhos de medicina, constituindo uma prova empírica de viabilidade para sistemas governamentais ou de autarquias públicas (Silva, A. P. da *et al.*, 2021). Quando se confronta as capacidades das IA generativas na condução de suporte (como as promissoras avaliações do ChatGPT o1 e do DeepSeek R1, que apresentaram precisão teórica elevada na urologia e HPB) com o UroHPB, percebe-se que as soluções fundamentadas em Árvore de Decisão determinística fornecem a imutabilidade, a auditabilidade exata e a segurança jurídica nas condutas (Domingues, 2026; Li *et al.*, 2026). As IA baseadas em algoritmos nebulosos ("caixa preta") sofrem de riscos potenciais de alucinações e variações indesejadas, enquanto a modelagem determinística do UroHPB espelha inalteravelmente as regulamentações publicadas pelos consensos médicos, preservando total confiabilidade jurídica no SUS (Domingues, 2026).

A despeito da robustez metodológica aplicada no ciclo deste desenvolvimento e do elevado escore matemático, é mandatório, dentro da honestidade e do rigor científico, reconhecer as contingências desta fase inicial. As validações descritas nesta pesquisa foram intrinsecamente técnicas, escoradas sobre a submissão exaustiva de *datasets* de testes estruturados baseados no *framework* Vitest e com simulações envolvendo dados puramente sintéticos, controlados pelas regras lógicas de urologia (Domingues, 2026). Uma das principais limitações inerentes é que, mesmo os mais acurados modelos simulados ou casos ideais, não replicam o caráter multifatorial e comumente caótico da semiologia presencial do paciente (Li *et al.*, 2026). No mundo real da UBS, a efetividade de um SSDC não apenas medeia os limiares lógicos, mas confronta as barreiras de comunicação linguística

do homem envelhecido sobre seus hábitos de micção, a dificuldade no manuseio da avaliação no toque retal por médicos menos experientes e o retardo nas filas para o acesso a exames primários como o ultrassom prostático (Li *et al.*, 2026; Nogueira Junior *et al.*, 2024). A ferramenta atua excelentemente guiando condutas em dados estruturados, não substituindo o exame físico. O distanciamento temporário da aplicação a amostras humanas e *in vivo* exige prudência na extrapolação absoluta das conclusões em larga escala clínica neste exato momento literário.

CONSIDERAÇÕES

A consolidação do desenvolvimento da solução UroHPB ratifica a integral e concreta viabilidade técnica da digitalização sistemática de complexos e extensos protocolos urológicos em softwares de alto impacto voltados para a Atenção Primária em Saúde. Observa-se que, ao aliar a engenharia da premissa de execução *offline-first* aos fundamentos de *Design Thinking* e de usabilidade clínica heurística, é perfeitamente viável erigir tecnologias que empoderam intelectualmente o profissional da base da pirâmide médica sem gerar fadiga tecnológica nem onerar conexões escassas de internet ou infringir a privacidade do indivíduo através de manipulações de nuvem. Esta arquitetura de conversão protocolar provou ser capaz de mimetizar os algoritmos recomendatórios das mais elevadas especialidades cirúrgicas e transladá-las de modo rápido, limpo e determinístico para a base dos postos de saúde, oferecendo um bastião promissor e viável no combate resolutivo à superpopulação nas filas de especialidades do Sistema Único de Saúde, qualificando a escolha terapêutica da Hiperplasia Prostática Benigna.

A arquitetura consolidada estabelece as engrenagens mestras e lança perspectivas futuras indispensáveis e inadiáveis. Como primazia para a continuidade científica e mercadológica do projeto, vislumbra-se a execução de uma etapa extensiva de validação clínica longitudinal prospectiva, diretamente alocada no cotidiano turbulento, heterogêneo e real das Unidades Básicas de Saúde, expondo a aplicação às variáveis empíricas do convívio com os pacientes reais, mensurando sua adoção diária pelos médicos generalistas, sua efetividade em desfechos e o consequente impacto numérico na descompressão fidedigna e final nas filas de acesso regulatório aos urologistas estaduais. Uma segunda e crucial perspectiva de futuro envolve a reengenharia da interoperabilidade de dados, através da adequação integral desta plataforma aos padrões internacionais semânticos do *Health Level Seven Fast Healthcare Interoperability Resources* (HL7 FHIR). Dotar o UroHPB desta arquitetura de padronização universal viabilizará a perfeita interlocução bidirecional e sistêmica entre o aplicativo e os sistemas já consolidados no país, notoriamente a integração direta com os prontuários eletrônicos do sistema e-SUS APS, transmutando a ferramenta de uma ilha tecnológica isolada para um elo dinâmico de fortalecimento, coordenação de cuidado e excelência contínua na saúde digital pública.

REFERÊNCIAS

AMORIM SANTOS, M.; SAMPAIO SOUZA, A.; MARTINS GOMES FONTOURA, G.; CRISTINA ARAÚJO-GOMES, R.; SILVANA SARMENTO DOS SANTOS, F.; LEONARDO ARAÚJO OLIVEIRA, B. 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**, [*S.l.*], v. 26, n. 1, p. 3–13, 17 jul. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2023.v26i1.1442.

BARRY, M. J.; FOWLER, F. J.; O'LEARY, M. P.; BRUSKEWITZ, R. C.; HOLTGREWE, H. L.; MEBUST, W. K.; COCKETT, A. T. K.; THE MEASUREMENT COMMITTEE OF THE AMERICAN UROLOGICAL ASSOCIATION. The American Urological Association Symptom Index for Benign Prostatic Hyperplasia. **Journal of Urology**, [*S.l.*], v. 148, n. 5 Part 1, p. 1549–1557, nov. 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0022-5347(17)36966-5.

BERGER, M.; PEREIRA, A. A.; FRANCA, M. C.; PILLA, C. G.; KOFF, W. J. Validação estatística do escore internacional de sintomas prostáticos (I-PSS) na língua portuguesa. **Jornal Brasileiro de Urologia**, [*S.l.*], v. 25, n. 2, p. 225–234, 1999.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União, seção 1**, Brasília, DF, p. 59–64. 15 ago. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Protocolos de encaminhamento da atenção básica para a atenção especializada: volume VI - Urologia**. Edição revisada. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016.

CABELLINO, L. F.; OLIVEIRA VIMERCATI, J.; CAZOTTI THIENGO, P. G.; TANNURE SANCHES, E.; MARCELINO DE LIMA, J. S.; NOGUEIRA FREIRE, L.; PESSIN MANZOLI, F.; GIACOMIN, A.; GRILO VINCENTINI, H.; RIQUIERI DONATO, I.; VIEIRA VARGAS, H.; COSENZA PAIXÃO SOUZA, A. P.; DA SILVEIRA REIS, L.; CASTELIONI TRÉS MENDES, J.; GIACOMIN MOREIRA, L.; ABU DIOAN, L. M. Avanços Contemporâneos na Compreensão da Fisiopatologia, Diagnóstico e Tratamento da Hiperplasia Prostática Benigna: Uma Revisão Abrangente. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [*S.l.*], v. 6, n. 4, p. 2276–2286, 25 abr. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n4p2276-2286.

CAN CUBUKCU, H. Usability assessments in clinical decision support systems. **Northern Clinics of Istanbul**, [*S.l.*], p. 372–377, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.14744/nci.2024.22316.

DOMINGUES, N. S. Design and implementation of the DmgCDSS framework: Toward transparent benign prostatic hyperplasia clinical decision support. **Artificial Intelligence in Health**, [*S.l.*], v. 0, n. 0, p. 025440094, 17 mar. 2026. Disponível em: https://doi.org/10.36922/AIH025440094.

KILSDONK, E.; PEUTE, L. W.; RIEZEBOS, R. J.; KREMER, L. C.; JASPERS, M. W. M. Uncovering healthcare practitioners' information processing using the think-aloud method: From paper-based guideline to clinical decision support system. **International Journal of Medical Informatics**, [*S.l.*], v. 86, p. 10–19, fev. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.11.011.

LERNER, L. B.; MCVARY, K. T.; BARRY, M. J.; BIXLER, B. R.; DAHM, P.; DAS, A. K.; GANDHI, M. C.; KAPLAN, S. A.; KOHLER, T. S.; MARTIN, L.; PARSONS, J. K.; ROEHRBORN, C. G.; STOFFEL, J. T.; WELLIVER, C.; WILT, T. J. Management of Lower Urinary Tract Symptoms Attributed to Benign Prostatic Hyperplasia: AUA GUIDELINE PART I—Initial Work-up and Medical Management. **Journal of Urology**, [*S.l.*], v. 206, n. 4, p. 806–817, out. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1097/JU.0000000000002183.

LI, Y.; MENG, C.; PENG, L.; ZENG, Y.; LI, X.; LI, X.; ZHOU, T.; LIU, Z.; LIANG, R.; DENG, Q. Real-world feasibility of generative large language models for clinical decision support in benign prostatic hyperplasia. **International Journal of Surgery**, [*S.l.*], v. 112, n. 2, p. 2546–2553, fev. 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000004022.

MAIA, J. S.; MARIN, H. D. F. Aplicativos móveis para as sociedades menos favorecidas. **Acta Paulista de Enfermagem**, [*S.l.*], v. 34, p. eAPE002214, 5 nov. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.37689/acta-ape/2021AR02214.

MAPURUNGA, B. M. **Desenvolvimento de aplicativo móvel para auxiliar médicos não urologistas no tratamento da hiperplasia prostática benigna**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2022. .

NOGUEIRA JUNIOR, R. C.; ROLIM, M. A. A.; ARAGÃO, E. F.; COELHO, Y. N. Entre fluxos e obstáculos: uma investigação sobre internações por hiperplasia prostática e seus desafios no cuidado à saúde masculina. **Brazilian Journal of Health Review**, [*S.l.*], v. 7, n. 5, p. e73490, 10 out. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.34119/bjhrv7n5-399.

ROSS, J. D. R.; RODRIGUES, L. R. D. S.; CÔRA, G. R.; ALMEIDA, L. M. N. D.; LOPES, K. F. A. L.; XIMENES, C. D. M. L. S.; SILVA, I. S. D.; NEIVA, M. D. J. L. M.; SANTOS, G. N. S. R.; PORTELA, N. L. C. Aplicativos de tecnologia móvel desenvolvidos na geração de informações relacionados a atenção primária a saúde: análise da contribuição brasileira. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [*S.l.*], v. 15, n. 2, p. e9698, 2 fev. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.25248/reas.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. **Rev. APS**, [*S.l.*], v. 25, ago. 2022.

SILVA, A. P. da; BARBOSA, B. J. P.; HINO, P.; NICHIATA, L. Y. I. Usabilidade dos aplicativos móveis para profissionais de saúde: Revisão integrativa. **Journal of Health Informatics**, [*S.l.*], v. 13, n. 3, set. 2021. Disponível em: https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/879.

SILVA, J. K.; TIOSSO, F. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE CONCEITO DE PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS (PWA). **Revista Interface Tecnológica**, [*S.l.*], v. 17, n. 1, p. 53–64, 30 jul. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.713.