

iTB: Solução Tecnológica para a Gestão e Monitoramento da Tuberculose na Atenção Primária

João G. S. Gomes¹, Elson P. Vasques¹, Jacó M. Santos¹, Adriane F. Valentin²,
Eliane C. Nogueira¹, Alexandre T. I. Bruce¹, John K. S. da Silva¹,
Sanay S. Pedrosa¹, Ericle L. Costa¹, Juan C. Souza¹

¹Secretaria Municipal de Saúde de Manaus - SEMSA -
Diretoria de Inteligência de Dados – Manaus, AM – Brasil.

²Apoio Regional - Conselho de Secretários Municipais de Saúde do Amazonas
- COSEMS – Amazonas – Brasil

guilhermejgsg01@gmail.com, adrianeefariascosta.afc@gmail.com,
eliacampos@gmail.com, juan.choque@gmail.com, ericle.costa@gmail.com,
jaco.santos@icomp.ufam.edu.br, elson@icomp.ufam.edu.br,
john.silva@pmm.am.gov.br, sanay.pedrosa@pmm.am.gov.br,
alexandreinomata@usp.br

Abstract. *Tuberculosis (TB) is a public health challenge requiring innovative solutions to optimize patient management and monitoring. The iTB system, developed by the Municipal Health Department of Manaus using the Kanban agile methodology and validated in a pilot project across three Family Health Units, integrates data from the PEC e-SUS and SINAN systems. This tool enhances data quality, enables real-time medication dispensing, and facilitates clinical decision-making, being implemented in 216 health units. Despite connectivity challenges in remote areas, iTB demonstrates potential to optimize TB management in Primary Health Care (PHC).*

Resumo. *A tuberculose (TB) é um desafio de saúde pública que exige soluções inovadoras para otimizar a gestão e o acompanhamento de pacientes. O iTB, desenvolvido pela Secretaria Municipal de Saúde de Manaus com metodologia ágil Kanban e validado em projeto piloto em três Unidades de Saúde da Família, integra dados dos sistemas PEC e-SUS e SINAN. Esta ferramenta aprimora a qualidade dos dados, permite a liberação de medicamentos em tempo real e facilita decisões clínicas, estando implementada em 216 unidades de saúde. Apesar dos desafios de conectividade em áreas remotas, o iTB demonstra potencial para otimizar a gestão da TB na Atenção Primária à Saúde (APS).*

1. Introdução

A tuberculose é um dos principais problemas de saúde pública global. Em 2022, aproximadamente 10,6 milhões de pessoas desenvolveram TB no mundo, resultando em 1,3 milhão de óbitos, sendo a segunda causa de morte por agente infeccioso [World Health Organization 2023]. No Brasil, em 2023, foram registrados 80.604 novos casos, com uma taxa de incidência de 38,0 casos por 100 mil habitantes [Brasil. Ministério da Saúde 2024]. O país está entre os 30 de alta carga para TB, tornando seu controle uma prioridade do Ministério da Saúde. No Amazonas, estado com

a maior taxa de incidência do país, foram notificados 3.548 novos casos da doença em 2023, sendo 70,8% desses em Manaus [Brasil. Ministério da Saúde 2024]. A detecção precoce de falhas no processo de condução do tratamento e a uniformização das etapas são fundamentais para um controle eficaz da doença [Ramos 2022].

Diante dos desafios apresentados pelos altos índices de tuberculose, a integração de soluções digitais tem se tornado indispensável para aprimorar o monitoramento e o controle da doença. Em um cenário em que a revolução tecnológica já impacta positivamente diversos setores, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) emergem como aliadas estratégicas na saúde, elevando a precisão dos diagnósticos e a eficiência dos tratamentos [Martínez et al. 2019]. Assim, a incorporação dessas ferramentas ao cotidiano dos serviços de saúde oferece um potencial significativo para reduzir falhas nos processos de monitoramento, contribuindo para uma gestão mais integrada e eficaz da TB [Barreira 2018].

Apesar dos avanços tecnológicos, a falta de interoperabilidade entre os sistemas de informação do Ministério da Saúde (MS) dificulta a gestão eficiente da TB. Sistemas como o Prontuário Eletrônico do Cidadão do eSUS Atenção Primária à Saúde (PEC eSUS APS) e o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) operam de forma isolada, sem integração eficiente, dificultando a análise centralizada dos dados e impactando a tomada de decisões estratégicas. Estudos prévios [Valentin 2022] demonstraram que o PEC/e-SUS APS carece de campos específicos para registrar informações cruciais sobre TB, como datas de notificação e diagnóstico, tipo de entrada e situação de encerramento. Segundo [Rocha et al. 2020], essa fragmentação prejudica o acompanhamento contínuo dos pacientes e compromete a eficiência dos serviços de saúde.

Compreendendo essa necessidade, a Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA Manaus) desenvolveu o iTB®, uma ferramenta inovadora que integra e consolida dados dos sistemas PEC eSUS APS e SINAN em uma única interface. O objetivo do iTB® é otimizar o monitoramento dos casos de TB na Atenção Primária à Saúde (APS), proporcionando maior precisão no acompanhamento dos pacientes e na geração de informações estratégicas para os gestores de saúde [Costa 2023].

O presente artigo tem como objetivo descrever e apresentar a proposta do iTB®, bem como suas funcionalidades para auxiliar o acompanhamento dos casos de TB. O ineditismo do estudo reside na implementação de uma estratégia tecnológica que visa aprimorar o monitoramento dos casos de TB em tratamento na APS do município de Manaus - AM. Apesar da relevância da ferramenta, ainda são escassos os estudos sobre a integração tecnológica na gestão da TB, tornando este artigo uma importante contribuição para futuras pesquisas e aprimoramentos na área da saúde digital.

2. Metodologia

O desenvolvimento do iTB® seguiu uma abordagem baseada na metodologia ágil Kanban, escolhida por seu foco na gestão visual do fluxo de trabalho, na promoção de melhorias contínuas e evolutivas, e na busca pela otimização da produtividade e eficiência dos processos [Sebrae 2022]. Esta abordagem metodológica orientou as seguintes etapas para a concepção, implementação e validação do sistema:

- **Levantamento de requisitos:** O projeto foi iniciado com um levantamento detalhado junto aos profissionais de saúde para identificar os principais desafios no

monitoramento da Tuberculose (TB) e as oportunidades de melhoria nos fluxos de trabalho existentes na Atenção Primária à Saúde (APS).

- **Desenvolvimento:** O sistema iTB® foi desenvolvido pela equipe da Diretoria de Inteligência de Dados (DID) da Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA Manaus), utilizando PHP como linguagem de programação e PostgreSQL como sistema de gerenciamento de banco de dados. O foco inicial do desenvolvimento foi assegurar a interoperabilidade do iTB® com os dados disponíveis nos sistemas PEC e-SUS APS e SINAN.
- **Automatização da Coleta de Dados:** Para otimizar o fluxo de informações e reduzir a necessidade de inserção manual de dados, minimizando erros, foram desenvolvidos scripts em Python. Esses scripts são responsáveis por coletar dados de diversas fontes e consolidá-los no sistema iTB®, conforme ilustrado na Figura 1, que demonstra a integração entre as bases de dados do PEC e SINAN.

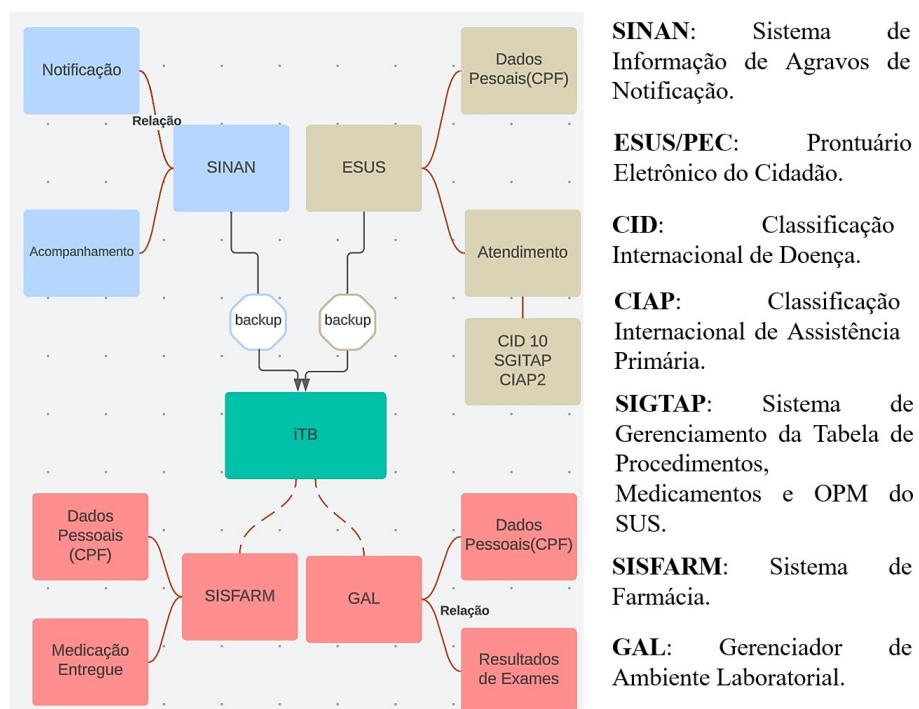


Figura 1. Integração entre as bases de dados do PEC e SINAN através do iTB

- **Testes Piloto e Validação do Sistema:** Antes da expansão para toda a rede, uma etapa fundamental de testes e validação foi conduzida para assegurar a eficácia e usabilidade do iTB®.
 - **Seleção e Preparo das Unidades Piloto:** O sistema iTB® foi inicialmente implantado em três Unidades de Saúde da Família (USF) de Manaus, selecionadas com base no critério de serem aquelas com maior número de notificações de TB: USF MJ PM Sálvio Belota, USF Gebes de Melo Meleiros Filho e USF Leonor de Freitas. Os profissionais de saúde destas três unidades (dois enfermeiros e um técnico de enfermagem) foram devolutivamente treinados para a utilização do sistema.
 - **Condução dos Testes:** A utilização do sistema nas unidades piloto iniciou-se em 30 de março de 2023, com um período de testes estabele-

cido até 31 de maio de 2023. Durante este intervalo, as unidades emitiram um total de 46 notificações de TB utilizando o iTB®. O processo de trabalho nos distritos de saúde foi acompanhado de perto, observando-se que as notificações emitidas pelo iTB® eram recebidas e inseridas no SINAN no mesmo dia, uma melhoria significativa em relação ao tempo anteriormente necessário para essa tarefa.

- **Critérios de Validação:** A validação durante o período piloto focou na observação de aspectos qualitativos cruciais, como a facilidade de uso do sistema iTB® pelos profissionais, a celeridade alcançada na inclusão das notificações no SINAN e a identificação de potenciais melhorias no sistema que pudessem otimizar ainda mais o processo de trabalho.
- **Ciclo de Feedback e Ajustes:** Um fluxo contínuo de comunicação foi estabelecido para o aprimoramento do sistema. Cada observação ou sugestão de melhoria identificada nas unidades piloto era comunicada ao Núcleo de Controle da Tuberculose da Diretoria de Vigilância em Saúde da SEMSA. Essas informações eram, então, repassadas à equipe de desenvolvimento do iTB® na Diretoria de Inteligência de Dados, que realizava as manutenções e correções necessárias, atualizando o sistema de forma iterativa.
- **Treinamento e Implantação Gradual:** Após a fase de testes piloto e os ajustes realizados com base nos feedbacks, iniciou-se a capacitação dos demais profissionais da rede municipal de saúde de Manaus. Essa etapa visou garantir o uso eficiente do sistema em larga escala, acompanhada de suporte técnico contínuo para auxiliar na transição e otimizar a operacionalização do iTB® em todas as unidades.

O desenvolvimento e a implantação inicial do iTB® foram conduzidos como uma iniciativa da Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA Manaus) com o objetivo primordial de aprimorar a gestão dos casos de tuberculose e otimizar os processos de trabalho na rede de Atenção Primária à Saúde. Neste contexto, o acesso e o manuseio dos dados dos pacientes ocorreram estritamente dentro dos sistemas institucionais já em uso (PEC e-SUS APS e SINAN), sendo realizados por profissionais de saúde devidamente autorizados e em plena conformidade com as diretrizes de sigilo profissional e segurança da informação vigentes. O feedback dos profissionais de saúde durante a fase piloto, essencial para os refinamentos da ferramenta, foi coletado de maneira voluntária e anônima, com foco na usabilidade e na funcionalidade do sistema para o cotidiano do serviço.

Embora para esta etapa de desenvolvimento tecnológico e implementação como ferramenta de gestão não tenha havido submissão formal a um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), reconhece-se a importância da avaliação ética em todas as investigações que envolvem seres humanos. Desta forma, para futuras etapas que contemplem avaliações de impacto mais aprofundadas, estudos com coleta primária de dados ou outras abordagens, a submissão aos trâmites éticos e regulatórios pertinentes, incluindo a apreciação por um CEP, será rigorosamente observada, em consonância com as normativas nacionais e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD N.º 13.709/2018).

3. Descrição do iTB

O iTB foi projetado para integrar informações do PEC e SINAN em uma interface única, permitindo uma gestão clínica eficiente da TB por meio de oito módulos principais:

- **Fichas de TB:** Automatiza o preenchimento das fichas de notificação, boletim mensal e fichas de transferência através do carregamento automático dos dados de identificação oriundos do PEC, garantindo a completude e reduzindo inconsistências.
- **Fichas Registradas:** Facilita à área técnica dos Distritos de Saúde (DISAs) a visualização de novas notificações e transferências, otimizando sua inserção no SINAN e agilizando a liberação de medicamentos, ao mesmo tempo em que minimiza entraves administrativos.

Figura 2. Tela do Módulo Alertas do iTB

- **Alertas:** Detecta falhas no seguimento de procedimentos essenciais como consultas periódicas (alerta após o 16º dia sem consulta, conforme protocolo quinzenal da SEMSA Manaus), realização de teste de HIV (alerta a partir da segunda consulta sem registro no PEC eSUS APS, visando o teste no primeiro mês) e acompanhamento das baciloskopias de controle mensais (alerta por ausência de registro do exame no PEC eSUS APS referente ao mês de tratamento). Conforme ilustrado na Figura 2, que apresenta a interface de visualização do módulo com os dados dos usuários e opções para exportação, as falhas são sinalizadas por ícones vermelhos – ou dias em atraso destacados para consultas – persistindo até a resolução da pendência pelo profissional de saúde, subsidiando assim a busca ativa e o fortalecimento da adesão ao tratamento.

- **Monitoramento:** Consolida os dados dos pacientes em tratamento, permitindo um acompanhamento individualizado e alinhado com os protocolos estabelecidos pelo Ministério da Saúde.
- **Relatório de Casos:** Substitui o registro manual (livro verde), apresentando digitalmente todos os usuários em tratamento e facilitando o controle e o planejamento de ações de qualificação da assistência.
- **Contatos:** Registra e gerencia informações dos contatos dos pacientes em tratamento, suprindo a ausência de uma base específica no SINAN para esse fim e contribuindo para o rastreamento de possíveis casos.
- **Raio-X:** Agiliza a realização de exames de Raio-X para pacientes suspeitos e seus contatos, reduzindo o tempo de espera para até 48 horas, conforme a disponibilidade do paciente, e superando limitações impostas por sistemas anteriores.
- **Estatísticas:** Exibe indicadores epidemiológicos e processuais, bem como a distribuição espacial dos casos de TB, fornecendo subsídios importantes para o planejamento e a avaliação das intervenções.

4. Resultados

Desde sua implantação, o iTB® tem demonstrado resultados significativos na otimização do monitoramento e gestão da Tuberculose (TB) em Manaus:

- **Expansão da Implementação:** Dados do final de 2024 indicam que 216 das 235 unidades básicas de saúde de Manaus já utilizam o iTB®, evidenciando um avanço substancial na cobertura do sistema. Essa ampliação reflete não apenas a confiabilidade da ferramenta, mas também a confiança dos gestores e profissionais em sua eficácia.
- **Redução do Tempo de Resposta:** A digitalização e automação de processos, como o fluxo de notificação para liberação de medicamentos, resultaram em uma redução considerável no tempo de resposta. Anteriormente um processo manual que podia levar dias, a comunicação e as ações subsequentes agora ocorrem de forma mais ágil, em tempo real, permitindo que os pacientes iniciem o tratamento mais rapidamente, fator crucial para o sucesso terapêutico.
- **Melhoria na Qualidade dos Dados:** A integração automática de dados entre o PEC e-SUS APS e o SINAN minimiza inconsistências e falhas comuns no preenchimento manual. A obrigatoriedade do preenchimento de campos essenciais assegura que as informações dos pacientes sejam registradas de forma padronizada, elevando a confiabilidade dos dados para análises epidemiológicas e de gestão.
- **Monitoramento Proativo e Efetivo:** O módulo de alertas do iTB® é fundamental para identificar automaticamente falhas no acompanhamento dos pacientes, permitindo intervenções rápidas e a prevenção do abandono do tratamento. Uma análise de sua utilização ao longo de oito meses (julho de 2023 a fevereiro de 2024), envolvendo 182 unidades de saúde, identificou 1.916 usuários com alguma falha no seguimento terapêutico. No período, foram gerados 8.820 alertas, sendo as causas mais frequentes a ausência de baciloscopia de controle (responsável por 35,17% dos alertas), consultas em atraso (33,93%) e pendência na realização do teste de HIV (30,90%). Essa capacidade de detecção precoce possibilita intervenções oportunas pelas equipes de saúde, contribuindo para a continuidade do cuidado.

- **Ampliação do Rastreamento de Contatos:** Outro impacto significativo do iTB® foi a qualificação e ampliação da base de dados de contatos de pacientes com TB. Até dezembro de 2024, foram sistematicamente registrados e identificados 2.566 contatos. Este registro qualificado permite a intensificação da busca ativa e o rastreamento eficiente de possíveis novos casos de infecção ou doença entre os contactantes, contribuindo diretamente para a interrupção da cadeia de transmissão da tuberculose e reforçando o papel do iTB® na prevenção e controle epidemiológico da doença.
- **Interface e Usabilidade:** A interface do iTB® tem sido bem recebida pelos profissionais de saúde, sendo considerada intuitiva. Isso facilita o acesso rápido às informações dos pacientes e a visualização de dados por meio de dashboards e relatórios que auxiliam na tomada de decisão clínica e gerencial.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

O iTB demonstrou ser uma ferramenta eficaz na otimização do monitoramento da TB, oferecendo benefícios significativos para o fluxo de trabalho dos profissionais de saúde e para a gestão dos casos na rede de Atenção Primária à Saúde (APS). A integração automatizada dos dados e os alertas proativos contribuíram para uma redução substancial do tempo de resposta na liberação de medicamentos e para a melhoria da qualidade das informações registradas.

5.1. Principais Contribuições do iTB

- Ampliação do monitoramento da TB com cobertura em 216 unidades de saúde (dados de dezembro de 2024).
- Redução dos atrasos no início do tratamento, possibilitando uma resposta mais rápida e eficaz.
- Melhoria na padronização dos dados, que fortalece a base para análises epidemiológicas e estratégicas.
- Facilitação da intervenção proativa através de alertas automáticos, prevenindo o abandono do tratamento.

5.2. Desafios Identificados

Apesar dos avanços, persistem desafios importantes, como a necessidade de garantir conectividade em regiões remotas e a continuidade no treinamento dos profissionais para assegurar o pleno uso de todas as funcionalidades do sistema.

5.3. Trabalhos Futuros

A partir dos resultados e dos feedbacks obtidos, os seguintes desenvolvimentos e iniciativas estão previstos para aprimorar ainda mais o iTB e avaliar seu impacto:

- **Desenvolvimento da Segunda Versão do iTB:** A nova versão será desenvolvida utilizando o framework Laravel, o que deverá aumentar a robustez, a segurança e a escalabilidade do sistema, facilitando futuras integrações e manutenções.
- **Implementação de um Módulo com Inteligência Artificial (IA):** Este módulo terá como objetivo prever desfechos desfavoráveis do tratamento da TB, possibilitando intervenções preventivas e a personalização dos cuidados de saúde [Santos et al. 2024].

- **Adição de um Módulo de Assistência Social:** Prevê-se informatizar o controle e monitoramento da entrega de cestas básicas aos pacientes com TB. Esta iniciativa, fruto da parceria entre a Semsa e a Secretaria Municipal da Mulher, Assistência Social e Cidadania (Semasc), visa integrar o cuidado social com o acompanhamento clínico, proporcionando uma abordagem mais holística e integrada para o suporte aos pacientes.
- **Realização de um estudo de impacto:** Planeja-se conduzir um estudo abrangente para avaliar o impacto em larga escala da utilização do iTB. Esta avaliação buscará medir os efeitos da ferramenta em indicadores de saúde essenciais, como as taxas de cura e abandono e o tempo para início do tratamento, além da eficiência observada no dia a dia dos serviços de saúde. Para isso, serão analisados cuidadosamente os dados e indicadores de saúde, observando o cenário antes e depois da completa implementação do iTB. O objetivo é construir um entendimento claro, baseado em evidências concretas, de como a ferramenta está efetivamente melhorando o tratamento da tuberculose e apoiando os profissionais de saúde em Manaus.

Referências

- Barreira, D. (2018). Os desafios para a eliminação da tuberculose no brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 27(1). Acesso em: 05 mai. 2025.
- Brasil. Ministério da Saúde (2024). Boletim epidemiológico de tuberculose. Acesso em: 21 fev. 2025.
- Costa, M. D. O. (2023). Tuberculose: tecnologia auxilia profissionais da saúde. Fiocruz Brasília. Acesso em: 05 mai. 2025.
- Martínez, A. L., Ortiz, D. N., and Senne, F. (2019). *Medição da saúde digital: recomendações metodológicas e estudos de caso*. Comitê Gestor da Internet no Brasil, São Paulo. Livro eletrônico, Organização Pan-Americana da Saúde, Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR.
- Ramos, L. F. (2022). Protótipo de um sistema de monitoramento de tuberculose para uso na atenção primária à saúde. Dissertação (mestrado profissional em informática em saúde), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Rocha, M. S., Bartholomay, P., Cavalcante, M. V., de Medeiros, F. C., Codenotti, S. B., Pelissari, D. M., Andrade, K. B., da Silva, G. D. M., Arakaki-Sanchez, D., and Piñheiro, R. S. (2020). Sistema de informação de agravos de notificação (sinan net): principais características da notificação e da análise de dados relacionada à tuberculose. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29(1):1–13. Acesso em: 05 mai. 2025.
- Santos, J. M., Vasques, E. P., Valentin, A. F., Nogueira, E. C., Costa, L., Souza, J. C., Silva, J. K. S., Marques, E. E. R., Silva, J. E. S., and Gomes, J. G. S. (2024). Identification of important predictors, using v-cramer technique and permutation feature importance, in predicting tuberculosis treatment status. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS)*, Manaus, AM – Brasil. SBCO-openLib. Acesso em: 05 mai. 2025.
- Sebrae (2022). *O Método Kanban*. Sebrae. Acesso em: 07 mai. 2025.

Valentin, A. F. (2022). Atendimento de tuberculose: campos específicos para o registro no prontuário eletrônico do cidadão do sistema e-sus aps. *Brazilian Journal of Case Reports*, 2(Suppl.3):34–39. Acesso em: 05 mai. 2025.

World Health Organization (2023). Tuberculosis. Acesso em: 21 fev. 2025.