

Inventário patrimonial de bens públicos e inovação tecnológica: contribuições e limites dos sensores de tecnologia *Bluetooth Low Energy*

Renata Cristina Tavares¹
Roberto Ribeiro Neli²

Resumo: Este estudo analisa o uso de sensores de proximidade *Bluetooth Low Energy* (BLE) na realização do inventário patrimonial de bens públicos. O BLE é um protocolo de comunicação sem fio, de curto alcance e baixo consumo de energia. O estudo teve como foco o inventário realizado na UTFPR Campus Campo Mourão e está fundamentado nos princípios de eficiência e economicidade. Para verificar a aplicabilidade da solução proposta, foi conduzida uma prova de conceito que avaliou o sistema integrado por sensores BLE do padrão iBeacon, *smartphone* e aplicativo móvel, considerando aspectos como usabilidade, esforço físico exigido, retrabalho e viabilidade econômica. Os resultados indicam que a solução contribuiu para facilitar o inventário e reduzir o esforço físico, proporcionando ganhos operacionais relevantes. Entretanto, a análise econômica mostrou que a aplicação em larga escala apresenta desafios financeiros significativos, limitando sua aplicação imediata. Apesar disso, a experiência evidencia o potencial de tecnologias digitais para aprimorar processos administrativos, promover maior controle patrimonial e apoiar a tomada de decisão baseada em dados qualificados.

Palavras-Chave: Inventário, Sensores, *Bluetooth Low Energy*, Eficiência, Gestão Pública.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PPGIT-CM/GP) - rtavares@utfpr.edu.br.

² Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PPGIT-CM/GP) - neli@utfpr.edu.br.

1. Introdução

Este artigo deriva de uma dissertação de mestrado profissional em inovações tecnológicas e tem por objetivo analisar uma proposta de melhoria na realização do inventário de bens patrimoniais públicos. O trabalho insere-se no tema de modernização da administração pública, orientado pelos princípios constitucionais que buscam assegurar o bem comum e a gestão eficiente dos recursos. Entre esses princípios, a eficiência e a economicidade assumem papel central, por estarem diretamente relacionadas ao uso adequado dos recursos públicos e à maximização de resultados (Rocha, 2018; Tohá; Solari, 1997). Nesse plano, Bugarin (1995, p. 17) argumenta que o conceito de eficiência “se faz equivalente ao de economicidade na medida em que expressa a racionalidade com que é feita a seleção e alocação dos recursos econômicos aos processos produtivos”, reforçando a compreensão de que ambos caminham de forma articulada na busca por uma gestão pública mais racional e produtiva.

O parágrafo único do artigo 70 da Constituição Federal determina que a administração pública mantenha sistemas de controle interno para garantir a legalidade e a eficiência no uso dos bens públicos. Nesse contexto, o inventário se revela um mecanismo central de controle, permitindo acompanhar a gestão, prestar contas e assegurar a *accountability* (Souza, 2024). Mais do que apenas conferir saldos, o inventário verifica a existência, o estado de conservação e a destinação dos bens, contribuindo para a integridade das informações contábeis e para a adequada guarda dos recursos públicos (Conselho Nacional do Ministério Público, 2014). Além disso, ajuda a identificar itens obsoletos, inservíveis ou que precisam de manutenção, subsidiando decisões sobre desfazimento e baixa patrimonial (Conselho Nacional do Ministério Público, 2017). Dessa forma, o inventário também reforça os mecanismos de controle interno e externo, promovendo maior transparência na gestão, conforme o artigo 96 da Lei nº 4.320/64.

Apesar de sua relevância, o inventário muitas vezes é percebido como um procedimento trabalhoso, pouco valorizado, monótono e desestimulante, especialmente devido à execução manual, que demanda tempo e esforço físico considerável. No caso da UTFPR Campus Campo Mourão, a realização do inventário depende integralmente da checagem dos números de tombos impressos em etiquetas afixadas aos bens, o que torna o processo particularmente vulnerável a retrabalho quando essas etiquetas apresentam má impressão, estão danificadas ou até mesmo ausentes; o esforço se intensifica para bens localizados em altura,

como telas e projetores multimídia (ver Figura 1 abaixo) , evidenciando a necessidade de soluções que reduzam o esforço físico dos servidores e evitem o retrabalho, tornando mais eficiente o processo de inventário.



Figura 1. Etiqueta de patrimônio com má impressão do tombo identificador; tela e projetor multimídia.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nesse contexto, tecnologias de posicionamento *indoor*³ baseadas em sensores, como os dispositivos BLE, podem ser uma alternativa prática para modernizar o processo de inventário, visando proporcionar automação parcial, maior fluidez, redução de retrabalho e diminuição do esforço físico. A tecnologia BLE se destaca pelo baixo consumo de energia, fácil implantação e compatibilidade com dispositivos móveis, características que a tornam especialmente adequada a ambientes internos (Ruan *et al.*, 2018). Embora a localização e a identificação dos bens possam ser aperfeiçoadas, a inspeção física continua necessária para atestar o estado de conservação de cada bem inventariado.

Desta forma, este artigo propõe a avaliar a viabilidade técnica, funcional e econômica da aplicação de sensores BLE no inventário patrimonial realizado na UTFPR CM, considerando os princípios da eficiência e da economicidade. A partir da realização de uma prova de conceito em ambiente institucional real, verificou-se o potencial da tecnologia para reduzir o tempo de

³ O termo “posicionamento *indoor*” refere-se ao conjunto de técnicas e tecnologias utilizadas para determinar a localização de pessoas ou objetos em ambientes internos, onde sistemas tradicionais de geolocalização, como o GPS, apresentam limitações devido à perda ou degradação do sinal.

execução, minimizar o retrabalho e melhorar a experiência dos servidores, sem comprometer os requisitos legais e operacionais da gestão pública.

No que se refere à inovação, o estudo caracteriza-se como uma melhoria incremental (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2018), ao substituir aspectos específicos do inventário patrimonial tradicional por práticas apoiadas no uso dos sensores BLE, preservando, contudo, a estrutura geral do processo vigente.

2. Fundamentação Teórica

A modernização da administração pública pressupõe a adoção de práticas que aperfeiçoem o uso dos recursos estatais. Tohá e Solari (1997) destacam que a eficiência está vinculada à maximização dos resultados obtidos em relação aos meios empregados, enquanto a economicidade refere-se à minimização de custos sem prejuízo da qualidade do serviço público. Nesse sentido, a economicidade complementa a eficiência ao enfatizar a relação custo-benefício das ações administrativas (Rocha, 2018).

No campo da gestão patrimonial, a observância desses princípios é de grande importância já que, como argumenta David (2010), a gestão eficiente dos bens públicos possibilita maior racionalidade no uso dos recursos, fortalecendo a legitimidade da administração perante a sociedade.

Para Souza (2024), o inventário anual é mais do que uma exigência burocrática, configurando-se como instrumento estratégico para assegurar a conformidade entre registros contábeis e a realidade patrimonial.

2.1. Críticas e desafios à aplicação do princípio da eficiência

Enquanto juristas e estudiosos reconheçam amplamente a importância da inclusão do princípio da eficiência entre os fundamentos que orientam a administração pública (Bugarin, 2001), parte da doutrina ressalta suas fragilidades conceituais e de aplicação prática. Mello (2013) observa que, apesar de desejável, a eficiência é juridicamente fluida e de difícil controle, aproximando-se mais de uma aspiração do que de uma norma concreta. Para o autor:

Quanto ao princípio da eficiência, não há nada a dizer sobre ele. Trata-se, evidentemente, de algo mais do que desejável. Contudo, é juridicamente tão fluido e

de tão difícil controle ao lume do Direito, que mais parece um simples adorno agregado ao art. 37 ou o extravasamento de uma aspiração dos que burilam no texto (Mello, 2013, p. 75).

Assim, embora o princípio seja reconhecido como necessário para melhorar a gestão pública, sua mensuração e fiscalização ainda representam desafios. Pode-se argumentar que, na prática, a eficiência funciona mais como uma diretriz do que como uma norma clara. Ressalta-se, entretanto, que a busca pela eficiência não pode justificar o descumprimento da legalidade, que constitui obrigação fundamental da administração. Nessa perspectiva, o princípio da eficiência é “uma faceta de um princípio mais amplo já superiormente tratado, de há muito, no Direito italiano: o princípio da boa administração” (Mello, 2013, p. 98).

A crítica de Mello é reforçada por Pontes Lima (2022), ao destacar que leis são frequentemente aprovadas sem considerar a capacidade operacional das administrações públicas de cumpri-las, o que gera descompasso entre os órgãos de controle e a burocracia:

Leis são aprovadas em Brasília sem maior cuidado em verificar se as administrações possuem capacidade operacional de cumpri-las e os órgãos de controle se veem com os dilemas de exigir a observância de determinação legal em administrações públicas despreparadas para tanto. O resultado não pode, obviamente, ser satisfatório e as incompreensões campeiam, entre elas o descompasso entre os órgãos de controle e a burocracia (Pontes Lima, 2022, p. 15).

No campo do controle administrativo, Meirelles (2008) define-o como a capacidade de um Poder, órgão ou autoridade de acompanhar e intervir na atuação de outro, enquanto Di Pietro (2004) acrescenta que envolve fiscalização e correção pelos Poderes Judiciário, Legislativo e Executivo, garantindo a conformidade com as normas e valores do ordenamento jurídico. Conforme o art. 70 da Constituição Federal, a fiscalização das contas públicas deve abranger aspectos contábil, financeiro, orçamentário, operacional e patrimonial, observando princípios como legalidade, legitimidade e economicidade (Scliar, 2009).

O controle interno, segundo Machado e Carneiro (2024), avalia a eficácia da gestão orçamentária e patrimonial, incluindo o cumprimento de metas. A fiscalização patrimonial compreende o controle e a conservação dos bens públicos, sendo o inventário anual obrigatório para os órgãos federais (Fenili, 2015; Auditoria Interna do MPU, 2021). Apesar de consolidado, o processo enfrenta limitações operacionais, como esforço físico elevado e retrabalho. Nesse

contexto, tecnologias como sensores e dispositivos móveis surgem como alternativas capazes de aumentar a eficiência, reduzir erros e fortalecer a gestão patrimonial.

2.2. *Bluetooth Low Energy*

Nos últimos anos, os serviços baseados em localização têm se expandido do espaço externo para ambientes internos, tornando o posicionamento indoor um tema de crescente interesse na pesquisa acadêmica e em aplicações industriais (Ruan *et al.*, 2018). O inventário patrimonial, por sua natureza, é uma atividade típica de ambientes internos, configurando-se como uma aplicação prática desse tipo de posicionamento.

O *Bluetooth Low Energy* é um protocolo de comunicação sem fio de curto alcance, operando na faixa não licenciada de 2,4 GHz, dividida em 40 canais com espaçamento de 2 MHz. Foi desenvolvido para consumir pouca energia e facilitar a conectividade de dispositivos alimentados por bateria, como sensores e dispositivos vestíveis (Cäsar *et al.*, 2022). Diferentemente do *Bluetooth* clássico, que exige maior largura de banda e comunicação contínua, o BLE transmite pacotes menores de dados, permite configuração rápida e aperfeiçoa o uso de energia ao distribuir tarefas entre dispositivos com diferentes capacidades de bateria (ELA, 2025; Special Interest Group, 2024).

Essa eficiência energética tem consolidado o BLE como uma solução viável para aplicações em ambientes internos, como sensores, sistemas de rastreamento, automação predial, cidades inteligentes e dispositivos voltados à Internet das Coisas (García-Ortiz; Silvestre-Blanes; Sempere-Payá, 2021). Entre as tecnologias de posicionamento *indoor* desenvolvidas recentemente, o BLE se destaca por suas características técnicas e operacionais já que apresenta baixo consumo de energia, dimensões reduzidas, fácil implantação e ampla compatibilidade com dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, fatores que o tornam uma das tecnologias mais adotadas pela indústria para sensoriamento e rastreamento em ambientes internos (Ruan *et al.*, 2018).

O sistema de inventário apresentado neste artigo emprega sensores BLE, também denominados sensores de proximidade ou *beacons*, que são fixados aos bens patrimoniais e funcionam como etiquetas de identificação.

Beacons são pequenos transmissores de rádio, alimentados por bateria, que utilizam o protocolo BLE para transmitir dados a dispositivos receptores, como *smartphones* e outros equipamentos compatíveis com essa tecnologia. Operando em curto alcance, esses dispositivos não precisam de conexão com a internet e possibilitam aplicações baseadas na proximidade (Silicon, 2014; Mapsted, 2024; Afaneh, 2022). O alcance do sinal determina a distância máxima em que a comunicação com o receptor pode ocorrer (ELA, 2025).

A figura 2 ilustra, de maneira simplificada, a comunicação entre um *beacon* e um dispositivo receptor.



Figura 2 - Comunicação entre sensor BLE e dispositivo.

Fonte: Adaptado de Afaneh (2022).

Beacons são comumente empregados para identificar a proximidade de pessoas ou objetos em ambientes internos, como lojas, aeroportos, escritórios ou museus, em atividades de marketing ou de disponibilização de informações. Nesses contextos, os *beacons* permanecem fixos, enquanto dispositivos móveis, como *smartphones* equipados com aplicativos específicos, detectam sua presença e estimam a proximidade com base na intensidade do sinal recebido (Primer, 2022). Além disso, a facilidade de aplicação dos *beacons* contribuiu para sua ampla adoção em diferentes cenários (Ghaemifar *et al.*, 2025).

No presente estudo, adotou-se o protocolo iBeacon da Apple. O *beacon* foi fixado diretamente ao bem patrimonial, permanecendo associado a ele de forma permanente, o que possibilitou a identificação individual de cada um.

2.2.1. Padrão BLE iBeacon

O iBeacon, tecnologia introduzida pela Apple a partir do iOS 7, utiliza o protocolo BLE para criar zonas de proximidade, chamadas de *regiões*, em torno de objetos ou locais específicos. Esse recurso possibilita que dispositivos móveis, como iPhones e iPads, monitorem sua interação com o transmissor de sinal (o *beacon*), identificando eventos de entrada e saída da região, além de estimar a distância relativa ao transmissor (Bensky, 2019). A principal função do iBeacon é a detecção de proximidade, entendida como um método de localização que confirma a presença de um dispositivo dentro de uma área de cobertura delimitada, sem, contudo, indicar sua posição exata, como possível observar pela figura 3 a seguir.

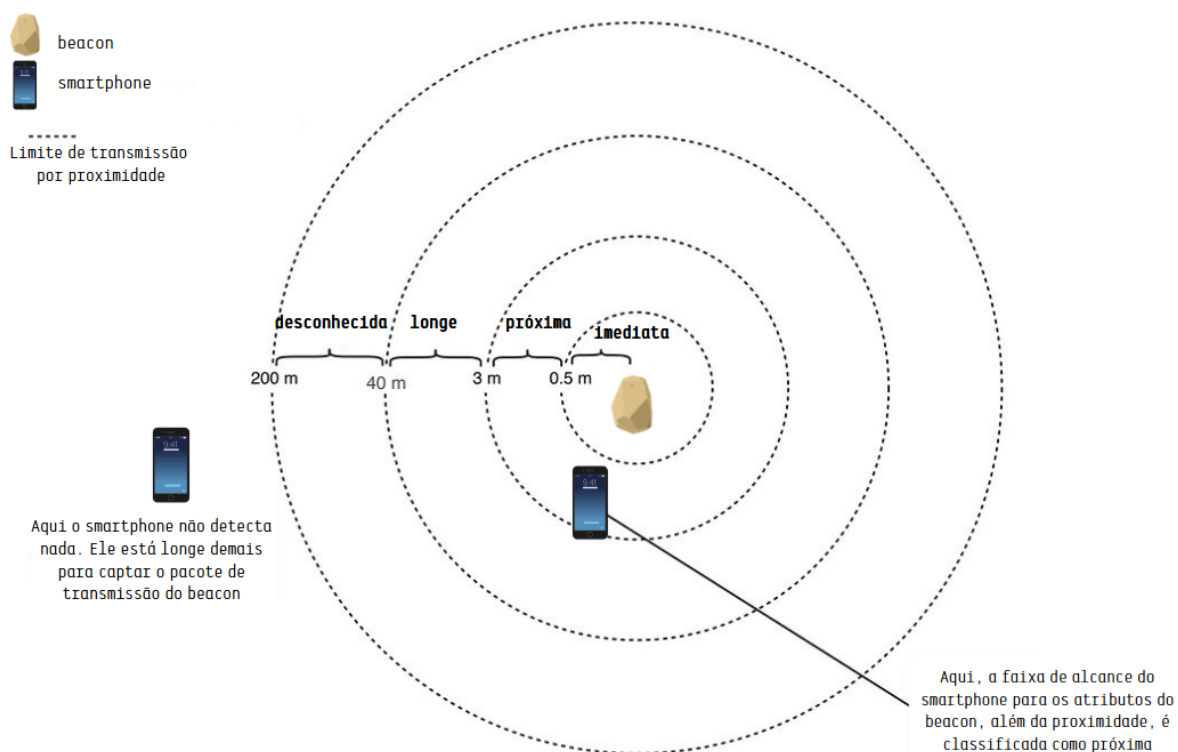


Figura 3 - Distâncias de detecção dos sensores iBeacon: imediata, próxima e longe.
Fonte: Adaptado de Roberts (2023).

No contexto deste estudo, tal detecção é compreendida como a capacidade de um *smartphone* de reconhecer o sinal de rádio emitido por um *beacon* afixado a um bem patrimonial, confirmando, assim, que o dispositivo se encontra em sua área de alcance.

De acordo com as diretrizes da Apple, os *beacons* estabelecem áreas de detecção específicas que permitem o envio de notificações personalizadas para aplicativos compatíveis. Esse mecanismo pode ser utilizado para disponibilizar ofertas, mensagens contextuais ou informações detalhadas sobre itens de interesse (Guidelines, 2021). Na figura 4 são apresentados alguns modelos de sensores com tecnologia iBeacon que, em determinado momento, estiveram disponíveis no mercado.



Figura 4. Modelos comerciais de sensores iBeacon.
Fonte: Statler (2016).

3. Método de Pesquisa

O estudo adotou a abordagem da pesquisa-ação, por meio de uma prova de conceito (PoC) para testar, em caráter piloto, as potencialidades da solução proposta. Trata-se de uma

pesquisa aplicada e mista, combinando análise qualitativa de processos e usabilidade do aplicativo com avaliação quantitativa baseada no Retorno sobre Investimento (ROI).

3.1. Caracterização da amostra

A amostra utilizada no estudo foi não aleatória, selecionada por julgamento (Etikan; Bala, 2017), com o objetivo de representar bens patrimoniais de uso frequente nos setores administrativos e acadêmicos da instituição. Foram escolhidos doze bens da Secretaria de Gestão Acadêmica (SEGEA) e dois bens localizados na sala teórica H104, estes últimos escolhidos por estarem posicionados em locais elevados, a fim de simular situações de maior dificuldade na conferência das etiquetas durante o processo de inventário.

3.2. Instrumentos e ferramentas de produção de dados

Para a PoC, foram utilizados sensores iBeacon, adquiridos na loja HolyIoT, por meio da plataforma AliExpress (ver Apêndice A); um iPhone SE como dispositivo leitor e um aplicativo BLE *scanner* para recepção e posterior registro dos sinais transmitidos pelos sensores via gravação de tela. A escolha do iPhone SE se deu por viabilidade prática e economicidade, com padronização de hardware e software que favoreceu a sincronização de dados e o suporte estável ao BLE.

Os sensores iBeacon transmitem um registro de publicidade específico da Apple, chamado de “anúncio”, que pode ser interpretado por dispositivos em modo de escaneamento (Laird, 2016). Esse anúncio é composto por quatro ou mais octetos, seguindo a especificação *Bluetooth*, incluindo identificação da Apple e os dados do iBeacon organizados como NAME, UUID, Major, Minor e sinal RSSI.

Assim, na prova de conceito, cada sensor foi configurado com os identificadores que fazem parte do anúncio transmitido pelo padrão iBeacon, sendo eles NOME, UUID, Major e Minor, permitindo identificar individualmente os bens patrimoniais e minimizar conflitos com outros sinais BLE. O UUID, representado por 128 bits, foi gerado com base na versão 4 da ferramenta UUID Generator⁴, utilizando números aleatórios seguros. Para o campus Campo

⁴ Disponível em: <https://www.uuidgenerator.net/>.

Mourão, o UUID adotado foi 33ce1676-cc6c-4371-b8c4-24d8deed4bac; caso houvesse bens de outro campus, um novo UUID poderia ser gerado. O Major identifica grupos de sensores, como setores, enquanto o Minor distingue sensores individuais dentro do grupo. Para simplificar a configuração da PoC, já que não houve necessidade de maior segmentação, o Minor foi mantido igual ao Major, sendo o Major 10115 atribuído ao setor SEGEA, local do teste, e 10114 ao setor DIRGRAD, utilizado como controle. Essa configuração permitiu detectar inconsistências, como por exemplo, se um bem estivesse fisicamente em um setor, mas com identificador de outro, registrando a situação no relatório de inventário.

A personalização dos sensores seguiu o vídeo tutorial da HolyIoT (Tavares, 2025a). Cada bem recebeu um nome combinando o tipo de item e o número de tombo, abreviado por conta do limite de caracteres (por exemplo, 'MON313131' indica um monitor de tombo 313131). Todos os sensores da PoC foram testados e considerados aptos. A instalação respeitou a posição fixa de cada bem, nas salas SEGEA e H104, sendo fixados com fita dupla face de alta resistência. Para aperfeiçoar o alcance do sinal RSSI, os dispositivos foram posicionados estrategicamente diante das limitações físicas. Após a instalação, os sensores foram fotografados para registro e controle, conforme pode ser observado na figura 5 a seguir.

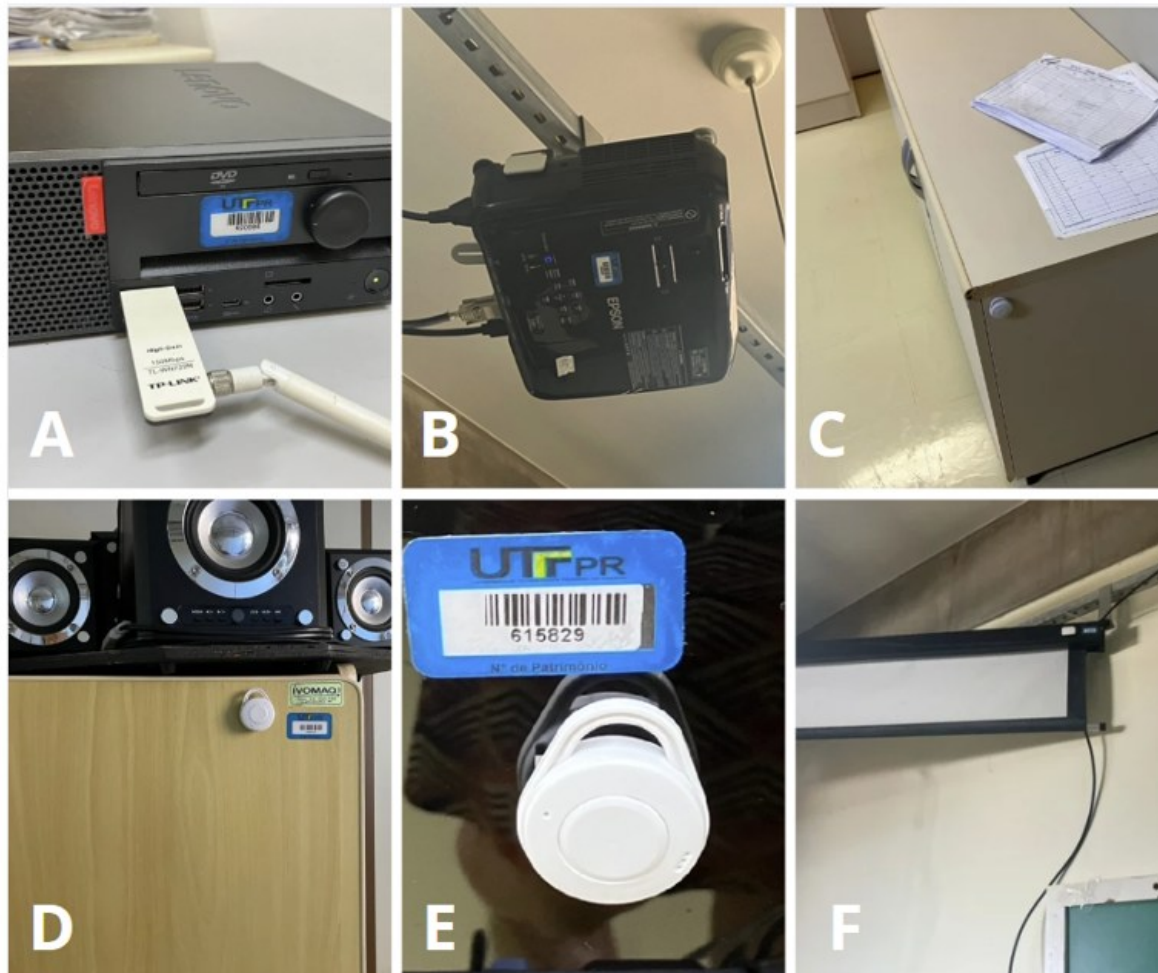


Figura 5. Sensores fixados aos bens patrimoniais: computador 620996 (a); projetor 556486 - sala H104 (b); armário 358790 (c); armário 356224 (d); monitor 615829 (e); tela de projeção 374819 - sala H104 (f).

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O anúncio do sensor, ao ser recepcionado pelo aplicativo BLE, permite estimar a proximidade entre o sensor e o receptor (aplicativo instalado no *smartphone*) por meio da análise da intensidade do sinal RSSI⁵, principal medida sensorial dos dispositivos BLE (Koksal *et al.*, 2025). Embora sujeita a variações ambientais, essa medida fornece uma correlação

⁵ RSSI (*Received Signal Strength Indicator* ou Indicação de Intensidade do Sinal Recebido) corresponde à medição da potência do sinal detectado por um dispositivo sem fio. No *Bluetooth Low Energy*, os valores de RSSI são normalmente expressos em dBm e apresentados como negativos, variando aproximadamente de 0 a -100 dBm, sendo que valores mais próximos de 0 indicam maior intensidade de sinal e, portanto, melhor qualidade de comunicação.

prática entre a força do sinal e a distância relativa: valores próximos a 0 dBm, como -30 dBm, indicam maior intensidade e, portanto, maior probabilidade de proximidade física; valores mais negativos, como -90 dBm, sugerem maior afastamento e menor confiabilidade na estimativa (Beaconzone, 2023).

Após a localização, realiza-se a inspeção visual de cada bem, com o objetivo de avaliar seu estado de conservação, conforme previsto na legislação vigente. A dinâmica de localização dos sensores foi registrada em vídeo (Tavares, 2025b), cuja gravação integra o *corpus* de dados produzido durante a execução da prova de conceito, permitindo análise detalhada do procedimento e validação das etapas observadas. Como também apresentado na figura 6 a seguir, o aplicativo BLE registra o anúncio do iBeacon, permitindo monitorar a intensidade do sinal e identificar os bens.

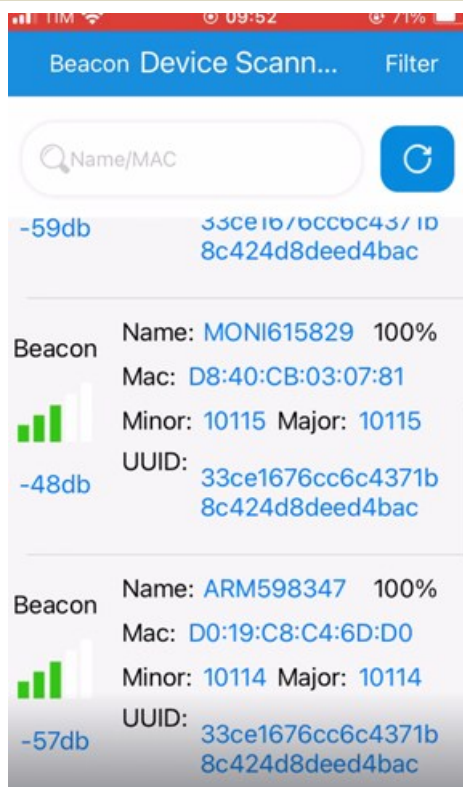


Figura 6. Anúncio do iBeacon recepcionado no aplicativo.
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

3.3. Prova de Conceito (PoC)

Na prova de conceito, foram avaliadas eficiência, usabilidade, satisfação, qualidade da interface, carga de trabalho percebida e viabilidade econômica (ROI), considerando indicadores objetivos, como tempo de execução e taxa de sucesso das tarefas, e subjetivos, como percepção de esforço e facilidade de uso do sistema de inventário. Para tanto, utilizaram-se cronometragem (também usada no cálculo do ROI), teste de usabilidade com as regras de ouro de Shneiderman, autoavaliação via escala SUS, percurso cognitivo simplificado, avaliação da carga de trabalho pela escala NASA-TLX e, como complemento, a escala ARWES. A coleta de dados ocorreu por meio de capturas de tela e gravações em vídeo, registrando as interações com o aplicativo Holyiot-beacon, fornecido pela empresa que comercializa os sensores iBeacon na plataforma AliExpress.

3.4. Procedimentos de produção de dados

Os dados deste estudo foram produzidos a partir da interação entre a autora, um smartphone iPhone SE, sensores iBeacon e um aplicativo móvel do tipo BLE scanner, durante a realização do inventário na prova de conceito. Optou-se pelo uso da expressão “produção de dados” em vez de “coleta”, em consonância com a ideia de que os dados não existem de forma isolada, mas surgem da relação entre sujeito, tecnologia e contexto operacional (Ferenhof, 2019). Nesse contexto, o ato de inventariar envolve decisões sobre o que e como registrar, interpretações sobre a situação de cada item e ações durante o uso dos dispositivos, fatores que influenciam diretamente os dados produzidos. Essa perspectiva destaca o caráter situado e construído da informação, especialmente em ambientes mediados por dispositivos digitais.

Para avaliar a viabilidade econômica da utilização dos sensores BLE, foi calculado o ROI com base na economia de tempo obtida pela comissão inventariante. Embora tradicionalmente empregado no setor privado para comparar custos e ganhos financeiros de projetos (Kousky *et al.*, 2019; Pandian, 2010), o conceito de ROI pode ser adaptado à administração pública, considerando ganhos operacionais, como redução de tempo, esforço físico e erros no inventário patrimonial.

A cronometragem demonstrou que o tempo necessário para identificar 12 bens reduziu-se de aproximadamente 11 minutos pelo método tradicional para cerca de 4 minutos e 40 segundos com o uso do sistema de sensores BLE, representando uma redução de 57,3%, evidenciando os ganhos operacionais proporcionados pela tecnologia e a relevância da análise de ROI nesse contexto.

Por ser uma universidade federal, a análise comparou os custos de adoção dos sensores com os benefícios obtidos, em um modelo análogo ao de bibliotecas e outras instituições de serviço, onde recursos economizados podem ser reinvestidos na melhoria de processos internos (Pandian, 2010).

O ROI (*Return on Investment*) mede o ganho ou a perda de um investimento em relação ao seu custo, sendo calculado como $(\text{Receita do Investimento} - \text{Custo do Investimento}) / \text{Custo do Investimento}$, e serve tanto para avaliar o sucesso de ações passadas quanto para simular cenários e verificar a viabilidade de novas ideias (Xavier; Bonizio, 2020). Para isto, utilizou-se

a média da remuneração dos 27 servidores com base no mês de junho de 2025 (R\$ 11.866,67), como *proxy* para o custo-hora da mão de obra, ou seja, uma estimativa representativa que permite simplificar os cálculos sem precisar detalhar o salário de cada integrante individualmente. A estimativa foi aplicada ao período compreendido entre 10 de agosto e 10 de novembro de 2023, correspondente à atuação da comissão inventariante da qual a autora participou, sendo esta a última comissão em que esteve oficialmente envolvida até o momento.

A prova de conceito demonstrou que o tempo necessário para identificar 12 bens reduziu-se de, aproximadamente 11 minutos no método tradicional, para cerca de 4 minutos e 40 segundos utilizando o sistema de sensores BLE, representando uma redução de 57,3%.

Projetando esses resultados para um inventário de 10.000 bens, obteve-se uma economia total de cerca de 1.049,9 horas, o que corresponde a um ganho financeiro aproximado de R\$ 77.807, considerando o custo-hora médio da comissão (R\$ 74,17/h). O investimento inicial considerou o custo detalhado de cada bem, incluindo sensor, pilha e fita adesiva, conforme detalhado no quadro 1:

Quadro 1. Estimativa de custo unitário e custo total dos sensores.

Item	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Subtotal detalhado (R\$)
Sensor IBeacon	1	106,54	Subtotal 45,09 + Frete 28,59 + Imposto de Importação 14,74 + ICMS 18,12
Pilha	1	3,66	Cartela com 5 unidades
Fita adesiva dupla face	1	0,24	2 cm por sensor (rolo com 2 m)
Custo unitário total	1	110,44	106,54 + 3,66 + 0,24
Investimento total (bens)	10.000	-	1.104.401,00

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Com base nesses valores, o ROI foi projetado para diferentes períodos de reaproveitamento dos sensores, simulando uma vida útil de 1, 5 e 10 anos, conforme apresentado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Retorno sobre Investimento (ROI) de 10.000 sensores BLE por vida útil.

Vida útil dos sensores	Investimento total (R\$)	Ganho por inventário (R\$)	Ganho total acumulado (R\$)	Benefício líquido (Ganho - Investimento, R\$)	ROI (%)
1 ano	1.104.401,00	77.807,00	77.807,00	-1.026.594,00	-93,0
5 anos	1.104.401,00	77.807,00	389.036,00	-715.365,00	-64,8
10 anos	1.104.401,00	77.807,00	778.072,00	-326.329,00	-29,6

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do retorno sobre investimento indica que, em um horizonte de 1 ano, o ROI é fortemente negativo (-93%), evidenciando que o investimento não se recupera em um único ciclo de inventário. Considerando um período de 5 anos, o ROI permanece negativo (-64,8%), mas a reutilização dos sensores ao longo de múltiplos inventários contribui para uma compensação parcial do investimento. Já em um horizonte de 10 anos, o ROI aproxima-se de -30%, sugerindo que a viabilidade econômica do investimento melhora significativamente caso os sensores mantenham sua funcionalidade ao longo desse período.

Vale destacar que esta análise considera apenas a economia de tempo da comissão. Custos adicionais, como manutenção dos sensores, reposição de pilhas ou fita adesiva, não foram incluídos e poderiam tornar o ROI efetivo ainda mais negativo, indicando que o investimento se pagaria menos do que o estimado. Esses resultados evidenciam que o ponto crítico para a viabilidade econômica é o reaproveitamento prolongado dos sensores; quanto maior o número de inventários realizados com os mesmos dispositivos, mais próximo do equilíbrio financeiro se torna o investimento.

Ampliando a análise de viabilidade econômica da tecnologia BLE, foi realizada uma simulação complementar considerando um inventário com 3.000 bens patrimoniais de maior relevância institucional; esse recorte foi escolhido por representar um cenário comum e estratégico, especialmente quando se trata de bens mais relevantes para o funcionamento administrativo, acadêmico e científico da instituição. Assim, mantendo-se os parâmetros da análise principal, o custo unitário por bem estimado em R\$ 110,44, totalizou-se um investimento de R\$ 331.320,00. A economia de tempo foi projetada proporcionalmente, resultando em uma redução de aproximadamente 314,97 horas, o que equivale a um ganho financeiro de R\$ 23.342,10, com base no custo-hora médio da comissão inventariante (R\$

74,17). A tabela 2 abaixo apresenta os resultados do ROI para diferentes períodos de reaproveitamento dos 3.000 sensores:

Tabela 2. Retorno sobre Investimento (ROI) de 3.000 sensores BLE por vida útil.

Ano	Investimento total (R\$)	Ganho por inventário (R\$)	Ganho total acumulado (R\$)	Benefício líquido (Ganho - Investimento, R\$)	ROI (%)
1	331.320,00	23.342,10	77.807,00	-307.977,90	-93,0
5	331.320,00	116.710,50	389.036,00	-214.609,50	-64,8
10	331.320,00	233.421,00	778.072,00	-97.899,00	-29,6

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados reforçam a tendência observada na análise de 10.000 bens: o retorno sobre investimento é negativo no curto prazo, mas melhora progressivamente com o reaproveitamento dos sensores ao longo dos anos. No cenário de cinco anos, observa-se uma compensação parcial, com recuperação de aproximadamente um terço do valor investido, representando uma recuperação de aproximadamente 35% do valor aplicado, reduzindo o prejuízo para R\$ 214.609,50 e resultando em um ROI de -64,8%. Embora o retorno financeiro ainda seja negativo, a redução do prejuízo em relação ao cenário de curto prazo evidencia que o reaproveitamento dos sensores ao longo do tempo contribui para a mitigação das perdas. Em outras palavras, o investimento começa a se justificar gradualmente, à medida que os ciclos de inventário se repetem e os sensores mantêm sua funcionalidade. Já em dez anos, o prejuízo é significativamente reduzido, aproximando-se de um ponto de equilíbrio. Essa análise complementar demonstra que, mesmo em contextos com menor volume de bens, a adoção de sensores BLE pode ser estrategicamente vantajosa, sobretudo quando aplicada a bens de maior importância operacional. A durabilidade dos sensores e a frequência dos ciclos de inventário continuam sendo variáveis decisivas para a sustentabilidade financeira da solução. O cálculo do ROI considera a possibilidade de aquisição dos sensores em escala ampliada, o que tende a reduzir os custos unitários e, conseqüentemente, aumentar a viabilidade econômica da aplicação, em consonância com os princípios de eficiência e economicidade na administração pública.

Após a avaliação do ROI para o cenário de 3.000 bens, outra análise complementar foi realizada com uma projeção do ROI ao longo de quatorze anos, ou seja, até o ano em que o retorno sobre o investimento se mostra positivo. A análise incorporou três supostos reajustes

salariais de 6%, aplicados nos anos 1, 5 e 9, simulando a valorização da mão de obra ao longo do tempo. Como possível observar pela tabela 3 abaixo, mesmo com o aumento progressivo dos ganhos por inventário, impulsionado pelos reajustes salariais, o ROI permanece negativo durante os primeiros treze anos. Somente no 14º ano o investimento se torna financeiramente viável, com um ROI positivo de 5,5% e um benefício líquido de R\$ 61.272,38. Em mais uma simulação, agora com reajustes salariais de 9% aplicados nos anos 1, 5 e 9, o ROI se torna positivo já no ano 13, com um retorno de 0,7% e um benefício líquido de R\$ 8.278,02. Ou seja, o retorno financeiro chega um pouco mais cedo que no cenário com reajustes de 6%, mas ainda exige mais de uma década para se concretizar.

Tabela 3. ROI de 10.000 sensores com três reajustes salariais de 6% ao longo de 10 anos

Ano	Investimento total (R\$)	Ganho por inventário (R\$)	Ganho total acumulado (R\$)	Benefício líquido (Ganho - Investimento, R\$)	ROI (%)
1	1.104.401,00	77.807,00	77.807,00	-1.026.594,00	-93,0
2	1.104.401,00	77.807,00	155.614,00	-948.787,00	-85,9
3	1.104.401,00	77.807,00	233.421,00	-870.980,00	-78,8
4	1.104.401,00	77.807,00	311.228,00	-793.173,00	-71,8
5	1.104.401,00	82.475,42	393.703,42	-710.697,58	-64,4
6	1.104.401,00	82.475,42	476.178,84	-628.222,16	-56,9
7	1.104.401,00	82.475,42	558.654,26	-545.746,74	-49,4
8	1.104.401,00	82.475,42	641.129,68	-463.271,32	-42,0
9	1.104.401,00	87.423,95	728.553,63	-375.847,37	-34,0
10	1.104.401,00	87.423,95	815.977,58	-288.423,42	-26,1
11	1.104.401,00	87.423,95	903.401,53	-200.999,47	-18,2
12	1.104.401,00	87.423,95	990.825,48	-113.575,52	-10,3
13	1.104.401,00	87.423,95	1.078.249,43	-26.151,57	-2,4
14	1.104.401,00	87.423,95	1.165.673,38	61.272,38	5,5

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esses resultados reforçam que, mesmo com valorização salarial ao longo do tempo, a automação com 10.000 sensores BLE exige uma visão de longo prazo para se tornar financeiramente viável. Essas projeções contribuem para uma compreensão realista da aplicabilidade dos sensores no contexto do inventário patrimonial, oferecendo subsídios para decisões estratégicas sobre investimentos em automação e modernização da gestão de bens públicos.

Em uma análise comparativa do retorno sobre investimento (ROI) entre sensores os BLE e as etiquetas tradicionais, aplicada ao universo dos 10.000 bens (vide tabela 4 abaixo), observou-se que, embora os sensores apresentem ganhos expressivos na redução do tempo de

inventário, estimado em 1.049,9 horas com base na PoC, o custo unitário de R\$ 110,44 resulta em um investimento total de R\$ 1.104.401. Considerando o valor médio de R\$ 74,17 por hora da comissão inventariante, o ROI calculado para essa solução é negativo, atingindo -92,96%. Em contraposição, o uso de etiquetas tradicionais, com custo total de apenas R\$ 490,00, gera um ROI significativamente positivo de 15.779%, evidenciando, no contexto analisado, a superior viabilidade econômica do método convencional.

Tabela 4. Comparativo do ROI entre sensores e etiquetas tradicionais para 10.000 bens.

Item	Sensores BLE	Etiquetas tradicionais
Número de bens inventariados	10.000	10.000
Economia de tempo projetada (h)	1.049,9	1.049,9
Custo-hora médio da comissão (R\$)	R\$ 74,17	R\$ 74,17
Ganho financeiro estimado (R\$)	R\$ 77.807,00	R\$ 77.807,00
Custo do investimento (R\$)	R\$ 1.065.400,00	R\$ 490,00
ROI (%)	-92,65%	15.779%

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4. Resultados e Discussão

A prova de conceito forneceu evidências sobre o potencial do uso de sensores de tecnologia BLE para aperfeiçoar o processo de localização e identificação de bens patrimoniais. A cronometragem das atividades indicou uma redução de 57,3% no tempo necessário para localizar e registrar os itens, demonstrando ganhos significativos em eficiência operacional.

Esses achados reforçam que a automação introduzida pela tecnologia contribui para aproximar o processo das diretrizes do princípio da eficiência na Administração Pública, ainda que permaneça a necessidade de atestar presencialmente o estado de conservação dos bens, o que caracteriza um modelo híbrido.

As escalas NASA-TLX e ARWES revelaram uma diminuição expressiva na carga de trabalho percebida, tanto física quanto mental, resultado que corrobora a percepção de que o processo se torna menos exaustivo e mais fluido para os servidores. Esse aspecto é relevante, pois a literatura aponta que a simplificação de rotinas operacionais tende a reduzir erros e aumentar a aderência dos usuários a novos sistemas.

Em relação à usabilidade, os testes apontaram que o sistema é funcional, intuitivo e bem aceito pelos usuários. A pontuação obtida na escala SUS (77,5) reforça essa percepção

positiva, embora tenham sido identificadas oportunidades de melhoria, especialmente na velocidade de resposta, clareza das funcionalidades e orientações ao usuário.

O teste cognitivo mostrou que tarefas específicas, como a alteração do nome de um sensor, podem ser realizadas com facilidade por usuários iniciantes. Ainda assim, a presença de termos em inglês e alguns elementos de design reforçam a necessidade de interfaces mais acessíveis e de ações de capacitação para ampliar a efetividade do uso.

No aspecto econômico, o ROI calculado com base na economia de tempo da comissão inventariante, em comparação aos custos de aquisição dos sensores e materiais complementares para 10.000 bens, resultou em aproximadamente -93% em um único ciclo de inventário, indicando que o investimento não se recupera no curto prazo. A reutilização dos dispositivos ao longo de cinco e dez inventários melhora o ROI para -64,8% e -29,6%, respectivamente, mostrando que a sustentabilidade financeira depende diretamente da longevidade da solução. A projeção considerando reajustes salariais de 6% e 9% ao longo do tempo indica que o retorno positivo só ocorre no 14º e 13º ano, respectivamente, com valores ainda modestos. Esses dados evidenciam que, embora o sistema traga ganhos operacionais, sua adoção em larga escala exige estratégias complementares, como redução de custos unitários e priorização de bens com maior impacto na rotina administrativa.

De forma geral, os resultados qualificam a tecnologia BLE como uma solução promissora para a modernização do inventário patrimonial, trazendo benefícios claros em eficiência e experiência do usuário. Contudo, os achados também dialogam com as críticas à adoção prática do princípio da eficiência e ao descompasso entre exigências legais e a capacidade operacional das instituições públicas.

A pesquisa, conduzida por meio de pesquisa-ação, possibilitou integrar desenvolvimento e avaliação da solução, permitindo ajustes contextuais e análise crítica com base na experiência prática da pesquisadora como membro da comissão inventariante.

Embora limitada a uma única participante, a prova de conceito forneceu percepções detalhadas sobre aspectos técnicos, humanos e institucionais, indicando que a tecnologia BLE pode representar um avanço significativo para a gestão patrimonial pública, desde que acompanhada de estratégias realistas e contextualizadas.

5. Conclusões

O artigo analisou a aplicabilidade de sensores *Bluetooth Low Energy* na realização do inventário patrimonial de uma instituição pública federal de ensino, com base nos princípios da eficiência e da economicidade.

A prova de conceito demonstrou que a tecnologia é funcional e oferece ganhos operacionais relevantes, especialmente na localização e identificação de bens, reduzindo esforço físico e retrabalho. Entretanto, a análise econômica revelou que, nas condições observadas, a adoção plena da tecnologia não é financeiramente viável, com o ROI indicando que os custos superam os benefícios diretos no curto e médio prazo. Os resultados evidenciam a necessidade de uma avaliação equilibrada ao introduzir inovações tecnológicas na gestão patrimonial, considerando tanto os benefícios funcionais quanto a sustentabilidade financeira.

Limitações como o caráter piloto da prova de conceito, a participação única da usuária e o contexto específico do campus restringem a generalização, mas não comprometem a relevância prática. Aspectos críticos identificados incluem familiaridade dos servidores com dispositivos móveis, necessidade de capacitação e durabilidade dos sensores em uso coletivo.

Em síntese, o estudo contribui para o debate sobre a modernização da gestão patrimonial pública, indicando que a adoção de tecnologias deve conciliar eficácia técnica, viabilidade econômica e compatibilidade institucional, de modo a promover inovações conscientes, realistas e alinhadas ao interesse público.

5.1. Sugestão de trabalhos futuros

Estudos futuros podem explorar o uso de *gateways* ou *hubs* para possibilitar o monitoramento contínuo dos bens patrimoniais, conectando os sensores a sistemas de IoT e permitindo a disponibilização de informações em tempo real sobre localização, movimentações e eventuais irregularidades. Outra linha de investigação consiste no acoplamento de atuadores, como sinais sonoros ou luminosos, aos sensores, com o intuito de facilitar a identificação dos itens durante o inventário e reduzir a necessidade de inspeção presencial.

Também se mostram relevantes estudos voltados à durabilidade e à segurança dos sensores, capazes de identificar fatores que possam comprometer seu funcionamento, como

desgaste físico, manipulação externa ou remoção indevida. Tais análises podem subsidiar o desenvolvimento de mecanismos mais robustos de fixação e proteção.

Outra frente promissora é o aperfeiçoamento dos métodos de estimativa de posição (*accuracy*), visando ampliar a confiabilidade dos resultados e favorecer a adoção de inventários contínuos.

Embora o ROI calculado na prova de conceito forneça um indicativo inicial da viabilidade financeira, análises econômicas adicionais, que considerem modelos sustentáveis de adoção e possibilidades de escalabilidade, poderiam refinar essa avaliação.

Sugere-se, ainda, a criação de um modelo integrado de rastreabilidade, com sensores incorporados desde a etapa de fabricação dos bens, possibilitando o acompanhamento completo do ciclo de vida patrimonial, da aquisição ao descarte. Essa abordagem contribuiria para maior padronização e fortalecimento da gestão patrimonial.

Por fim, destacam-se duas estratégias complementares que envolvem estudantes da UTFPR. A primeira propõe o engajamento de alunos de Engenharia Eletrônica no desenvolvimento de protótipos baseados em *chips* BLE, adaptados às demandas do inventário patrimonial, favorecendo tanto a redução de custos quanto o estímulo à inovação. A segunda sugere a participação de estudantes de Ciência da Computação no desenvolvimento de um aplicativo para leitura e gerenciamento dos sensores, promovendo competências em programação e integração de sistemas móveis. Ambas as iniciativas estão alinhadas aos princípios de eficiência, economicidade e usabilidade, podendo ser introduzidas em projetos de extensão, disciplinas práticas ou programas de iniciação científica. Assim, além de fortalecer a formação técnica dos estudantes, tais ações podem consolidar uma cultura de inovação na instituição.

Referências

AFANEH, M. **What is a beacon?** A Guide to Bluetooth Beacon Technology. NovelBits, 2022. Disponível em: <https://novelbits.io/what-is-a-beacon-guide-to-bluetooth-beacon-technology/>. Acesso em: 14 fev. 2025. Disponível em: <https://novelbits.io/what-is-a-beacon-guide-to-bluetooth-beacon-technology/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

AUDITORIA INTERNA DO MINISTÉRIO PÚBLICO DA UNIÃO (AUDIN). **Parecer AUDIN-MPU nº 240/2021**. AUDIN, 2021. Disponível em:

<https://auditoria.mpu.mp.br/orientacao/pareceres/docs/PAR-240-2021-PR-RJ-MPF-INVENTARIO.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2024.

BEACONZONE. **Which beacons transmit a MAC Address?** BeaconZone, 2023. Disponível em: <https://www.beaconzone.co.uk/blog/which-beacons-transmit-a-mac-address/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

BENSKY, A. Technologies and applications. **Short-range Wireless Communication**, n. 3, p. 387-430, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128154052000142>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BUGARIN, B. J. **O sistema de fiscalização dos recursos públicos federais adotado no Brasil**. Palestra apresentada no Segundo Congresso Internacional de Auditoria Integrada, Buenos Aires, junho de 1995. Brasília: Revista do TCU, n. 64, 1995. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/issue/download/47/68>. Acesso em 11 set. 2025.

BUGARIN, P. S. O princípio constitucional da eficiência: um enfoque doutrinário multidisciplinar. **Revista do TCU**, v. 32, n. 87, p. 39-50, 2001. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/919/984>. Acesso em: 11 ago. 2024.

CÄSAR, M.; PAWELKE, T.; STEFFAN, J.; TERHORST, G. A survey on Bluetooth Low Energy security and privacy. **Computer Networks**, [S.l.], v. 205, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128621005697>. Acesso em: 1 mar. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO (CNMP). **Manual do Ordenador de Despesas**. Brasília: CNMP, 2014. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/COMPLETO_Manual_do_Ordenador_WEB.pdf. Acesso em: 5 mar. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO (CNMP). **Almoxarifado e patrimônio**. Brasília : CNMP, 2017. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/comissoes/comissao-de-controle-administrativo-e-financeiro/atuacao/manual-do-ordenador-de-despesas/gestao-de-recursos-fisicos/almoxarifado-e-patrimonio>. Acesso em: 5 mar. 2025.

DAVID, T. B. de. Eficiência, economicidade e direitos fundamentais: um diálogo necessário e possível. **Revista do Ministério Público do RS**, Porto Alegre, n. 67, p. 87-115, 2010. Disponível em: https://www.amprs.org.br/arquivos/revista_artigo/arquivo_1303929957.pdf. Acesso em: 14 abr. 2025.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. 17 ed. São Paulo: Atlas, 2004, 751 p.

ELA. **Unveil the power of Bluetooth in the IoT landscape.** Ela Innovation, 2024. Disponível em: <https://elainnovation.com/en/bluetooth-ebook/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ETIKAN, I.; BALA, K. Sampling and sampling methods. **Biometrics & Biostatistics International Journal**, [S.l.], v. 5, n. 6, p. 215-217, 2017. Disponível em: <https://medcraveonline.com/BBIJ/BBIJ-05-00149.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.

FENILI, R. R. **Gestão de Materiais.** Brasília: ENAP, 2015. 168 p. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2268/1/Enap%20Did%C3%A1ticos%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20Materiais.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2024.

FERENHOF, H. A. Métodos qualitativos de pesquisa: de dados à informação ao conhecimento; formando pesquisadores. **Ijkem, Int. J. Knowl. Eng. Manage.**, [S.l.], v.7, n. 19, p. 1-11, 2019.

GARCÍA-ORTIZ, J.C.; SILVESTRE-BLANES, J.; SEMPERE-PAYÁ, V. Aplicação experimental de Bluetooth Low Energy Connectionless em cidades inteligentes. **Electronics**, [S.l.], v.10, n. 22, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/22/2735>. Acesso em: 21 fev. 2025.

GHAEMIFAR, M.; MOTIE, S; MOOSAVIUN, S. M.; NEMATI, Y; EBADOLLAHI, S. Bluetooth Low Energy for indoor positioning: Challenges, algorithms and datasets. **Automation in Construction**, v. 177, 106316, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580525003565>. Acesso em: 25 ago. 2025.

GUIDELINES. **Works with Apple iBeacon Guidelines.** Apple, 2021. Disponível em: <https://developer.apple.com/ibeacon/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

KOKSAL, N.; GHANNOUM, A.; MELEK, W.; NIEVA, P. Occupancy monitoring using BLE beacons: Intelligent Bluetooth Virtual Door System. **Sensors**, e. 25, n. 9, artigo 2638. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/9/2638>. Acesso em: 25 ago. 2025.

KOUSKY, C.; RITCHIE, L.; TIERNEY, K.; LINGLE, B. Return on investment analysis and its applicability to community disaster preparedness activities: Calculating costs and returns. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 41, artigo 101296, 2019. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/rff/dpaper/dp-17-12.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LAIRD. **iBeacon sample apps.** Laird Technologies, 2016. Disponível em: <https://connectivity-staging.s3.us-east-2.amazonaws.com/2023-10/Application%20Note%20-%20iBeacon%20Sample%20App.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

MACHADO, T. A.; CARNEIRO, R. A auditoria baseada em riscos no controle interno da administração pública brasileira: o caso da controladoria-geral do estado de Minas Gerais. **Revista do TCU**, Brasília, v. 153, n. 1, p. 84-110, jan./jul. 2024. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/2120>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MELLO, C. A. B. **Curso de Direito Administrativo**. São Paulo: Malheiros, 2013.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2008.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação, 4. ed. Brasília: FINEP, 2018.

PANDIAN, M. P. **RFID for libraries: a practical guide**. East Yorkshire: Chandos Publishing, 2010.

PONTES LIMA, E. C. Controle da administração pública no Brasil. Prefácio. *In*: CONTI, J. M.; MOUTINHO, D. V.; DO NASCIMENTO, L. M. (coords.). **Controle da Administração Pública no Brasil**. São Paulo: Blucher, 2022. 270 p. Disponível em: <https://irbcontas.org.br/wp-content/uploads/2022/08/control-da-administracao-publica.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.

PRIMER. **The Bluetooth® Beacon Primer**. SIG, 2022. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-resources/beacon-smart-starter-kit/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

ROBERTS, J.D. **Why use an IBeacon?** Smartthings, 2023. Disponível em: <https://community.smartthings.com/t/faq-ibeacon-short-faq-2024-us-and-uk/275655>. Acesso em: 24 fev. 2025.

ROCHA, A. C. O controle e o desenvolvimento da gestão orçamentária no Brasil. *In*: PIRES, V.; SATHLER, A. R. (orgs.) **Gestão orçamentária inovadora: desafios e perspectivas no Brasil**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, p. 174-218, 2018.

RUAN, L.; ZHANG, L.; CHENG, F.; LONG, Y. The global optimal placement of ble beacon for localization based on indoor map. **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci**, v. XLII-4, p. 529-534, 2018. Disponível em: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLII-4/529/2018/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SCLIAR, W. Controle externo brasileiro. Poder Legislativo e Tribunal de Contas. **Revista de informação legislativa**, Brasília, v. 46, n. 181, p. 249-275, jan./mar. 2009. Brasília. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/194906/000861771.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 21 jul. 2024.

SILICON. **Bluetooth BLE Beacon Standards from iBeacon, Eddystone and AltBeacon.** Silicon Labs Community, 2014. Disponível em: https://community.silabs.com/s/share/a5U1M000000knwKUAQ/bluetooth-ble-beacon-standards-from-ibeacon-eddystone-and-altbeacon?language=en_US. Acesso em: 22 fev. 2025.

SOUZA, O. M. M. de. **Gestão de bens patrimoniais.** TCERJ, 2024. Disponível em: <https://www.tcerj.tc.br/portal-ecg-webapi/api/arquivos/50f0d865-44de-46b0-2878-08dcf1fcb428/download>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SPECIAL INTEREST GROUP (SIG). **The Bluetooth® Low Energy Primer.** SIG, 2024. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-resources/the-bluetooth-low-energy-primer/>. Acesso em: 11 maio 2024.

TAVARES, R. C. **Video tutorial da Holyiot®.** YouTube, 25 fev. 2025a. [Vídeo]. 0min32s. Disponível em: <https://youtube.com/shorts/Qprs3KNL52Y?feature=share>. Acesso em: 26 ago. 2025.

TAVARES, R. C. **Video holyiot beacon 20 julho 2024.** YouTube, 23 ago. 2025b. [Vídeo]. 1min48s. Disponível em: <https://youtube.com/shorts/CvxuvndTbpY>. Acesso em: 26 ago. 2025.

TOHÁ, C.; SOLARI, R. A modernização do Estado e a gerência pública. **Revista do Serviço Público**, [S.l.], v. 48, n. 3, p. 84-103, 1997. DOI: 10.21874/rsp.v48i3.390. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/390>. Acesso em: 22 abr. 2025.

XAVIER, B. R. F.; BONIZIO, R. C. Análise de sensibilidade do ROI: um estudo de caso para uma empresa de tecnologia da informação. **Revista Mineira de Contabilidade**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 43-54, 2020. DOI: 10.21714/2446-9114RMC2019v20n2t04. Disponível em: <https://revista.crcmg.org.br/rmc/article/view/860>. Acesso em: 23 ago. 2025.

APÊNDICE A - Especificação e custos dos materiais utilizados na prova de conceito

Materiais	Preço em reais Fevereiro/Abril 2024	Preço em reais 27/02/2025	Foto
Holyiot nrf52810 ble beacon tag acelerômetro sensor com campainha bluetooth 5.0 módulo de consumo de baixa potência ibeacon/eddytone	preço unitário: 42,81 Pedido 2	preço unitário: 51,71	
Holyiot-tag ibeacon acelerômetro lis2dh12 sensor com botão, módulo de baixo consumo de energia, Bluetooth 5.0, nr52810	preço unitário: 44,35 Pedido 2	preço unitário: 49,19	
Holyiot NRF52810 Farol Bluetooth com Sensor Acelerômetro Módulo BLE 5.0 Eddystone Localização interna Modelo Ibeacon-A (verde com alça - 1 pc)	preço unitário: 53,12 Pedido 1	preço unitário: 70,99	
Nrf51822 bluetooth beacon tag eddytone ibeacon ble 4.2 módulos de automação de farol localizador de proximidade para navegação interna iot (cor preta c/ bateria - 2 pcs)	preço unitário: 27,79 Pedido 1	preço unitário: 32,39	
Nrf51822 bluetooth beacon tag eddytone ibeacon ble 4.2 módulos de automação de farol localizador de proximidade para navegação interna iot (cor verde c/ bateria - 2 pcs)	preço unitário: 27,79 Pedido 1	preço unitário: 63,29	
Nrf51822 bluetooth beacon tag eddytone ibeacon ble 4.2 módulos de automação de farol localizador de proximidade para navegação interna iot (cor branca c/ bateria - 2 pcs)	preço unitário: 27,79 Pedido 1	preço unitário: 32,39	
Bluetooth Beacon Tag Compatível com Beacon, Acelerômetro 3 eixos, Beacon Tag, NRF52810 modelo 21014-B (cor preta - 2 pcs)	preço unitário: 39,56 Pedido 1	preço unitário: 61,09	
Holyiot 21011 nRF52810 BLE Bluetooth 5.0 Módulo de baixa energia Beacon Posicionamento interno Módulos de automação Módulos de automação (cor branca redondo c/ alça - 5 pcs)	preço unitário: 37,20 Pedido 1	preço unitário: 43,19	
Duracell Bateria De Lítio CR 2032 Duracell Cartela Com 5 unidades	preço unitário: 46,50 09/04/2024 Amazon	preço unitário: 33,66 (promoção em 27/02/2025) Amazon	
Fita Dupla Face Scotch, 3M, Fixa Forte, Fixação Extrema, 24mm x 2m	preço unitário: 32,90 29/03/2024 Amazon	preço unitário: 28,89 (consulta em 27/02/2025) Amazon	
Pagamento Declaração de Importação de Remessa 1ª. NM176465355BR (pedido 1)	preço unitário: 29,61	não se aplica	não se aplica
Pagamento Declaração de Importação de Remessa 2ª. NM281080333BR (pedido 2)	preço unitário: 28,48	não se aplica	não se aplica
27/02/2024 - Pedido 1: 484,98 + frete 91,52 16/04/2024 - Pedido 2: 87,16 + frete 22,84			Total do pedido: R\$ 576,50 Total do pedido: R\$ 110,00
Simulação em 27/02/2025 - Pedido 1: 665,26 + frete 74,78 + impostos: 385,71 Simulação em 27/02/2025 - Pedido 2: 100,90 + frete 31,40 + impostos: 59,04			Total do pedido: R\$ 1.125,75 Total do pedido: R\$ 191,34