

UMA ABORDAGEM PBL APLICADA AO PCCT PARA ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE TAGS RFID UHF PASSIVAS

Sérgio Costa Martins de Alencar¹, Guilherme Souza Nogueira², Gustavo Andreola Salvador³, Carlos Henrique Nunes Araujo⁴ e Luiz Paulo Dantas Falcão⁵

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), ou Problem-Based Learning (PBL), na orientação de um Projeto de Conclusão de Curso Técnico (PCCT) de alunos do ensino técnico integrado do Instituto Federal do Amazonas. O desafio proposto consistiu no estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) em UHF, por meio da caracterização do comportamento funcional de um conjunto de tags com diferentes formas físicas e encapsulamentos, tomando como métricas principais o alcance e a potência do sinal recebido (RSSI) em cenário realista de uso. Os resultados forneceram evidências experimentais sobre o desempenho de tags RFID UHF, contribuindo para o dimensionamento de sistemas de rastreamento automático e para futuros estudos de modelagem. Do ponto de vista pedagógico, o estudo mostrou que uma pesquisa qualitativa, aplicada, conduzida como pesquisa-ação ancorada na ABP pode qualificar o PCCT como experiência formativa mais alinhada às demandas atuais do ensino técnico, favorecendo o engajamento dos estudantes e a integração entre teoria e prática.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP); RFID; RSSI.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: sergio.alencar@ifam.edu.br, ORCID: [0009-0006-2681-3845](https://orcid.org/0009-0006-2681-3845)

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: gsn062027@gmail.com, LATTES: [0234109826758289](https://lattes.cnpq.br/0234109826758289)

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: gugasalva@gmail.com, LATTES: [1777148004548219](https://lattes.cnpq.br/1777148004548219)

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: carloshnaraujo29@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: 1luizpaulo2024@gmail.com

A PBL APPROACH APPLIED TO THE ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF PASSIVE UHF RFID TAGS

ABSTRACT

This paper presents the application of Problem-Based Learning (PBL) in the guidance of a Technical Course Completion Project (PCCT) for students in the integrated technical education program at the Federal Institute of Amazonas. The proposed challenge consisted of studying UHF radio frequency identification (RFID) technology by characterizing the functional behavior of a set of tags with different physical forms and encapsulations, using the range and received signal strength (RSSI) as the main metrics in a realistic usage scenario. The results provided experimental evidence on the performance of UHF RFID tags, contributing to the design of automatic tracking systems and future modeling studies. From a pedagogical point of view, the study showed that qualitative, applied research conducted as action research anchored in PBL can qualify the PCCT as a formative experience more aligned with the current demands of technical education, favoring student engagement and the integration of theory and practice.

Keywords: Problem-Based Learning (PBL); RFID; RSSI.

1. INTRODUÇÃO

A educação de jovens em áreas tecnológicas enfrenta desafios diante da competição por atenção com redes sociais, jogos online e conteúdos audiovisuais disponíveis continuamente em dispositivos móveis. Embora possam ser poderosos recursos didáticos quando bem utilizados, na prática esses estímulos raramente são orientados para o ensino-aprendizagem.

Entre os nascidos na Geração Z (1996–2010) e na Geração Alpha (a partir de 2010), em um contexto de intensa imersão digital, são frequentes dificuldades de comunicação, de lidar com opiniões divergentes, de participar de debates construtivos, além de problemas de concentração e de adaptação a métodos tradicionais de ensino (Szymkowiak et al., 2021). No cotidiano da sala de aula, observa-se que muitos estudantes se sentem desajustados a essas metodologias e pouco motivados a se engajar nas atividades propostas.

Nesse cenário, metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas, contribuem para aproximar os conteúdos da realidade dos alunos, desenvolver habilidades sociais e criar ambientes de aprendizagem flexíveis e tecnologicamente atrativos. A escolha adequada do desafio é decisiva para gerar vínculo com a atividade pedagógica e promover o engajamento desejado. Temas como Internet das Coisas (IoT) e comunicação sem fio (wireless) fazem parte do universo dessas gerações, despertam interesse espontâneo e correspondem a competências valorizadas no mundo do trabalho.

A tecnologia RFID, por sua vez, mostra-se relevante para a automação de processos em diferentes contextos. Em ambientes industriais, permite rastreabilidade no processo produtivo, monitoramento da produção, rastreamento de peças e gestão da manutenção de equipamentos. Também é empregada na gestão de estoques, possibilitando controle dinâmico de inventários e maior eficiência na gestão de ativos (Gomes et al., 2023). Ademais, viabiliza sistemas de controle de acesso por meio de crachás e pulseiras, bem como o rastreamento de medicamentos, dispositivos médicos e pacientes em instalações hospitalares, contribuindo para o uso eficiente de recursos e para o acompanhamento adequado dos usuários.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aprendizagem Baseada em Problemas

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), ou Problem-Based Learning (PBL), é uma metodologia educacional ativa que coloca o educando no centro do processo de aprendizagem, utilizando problemas do cotidiano para desenvolver conhecimentos e habilidades. Historicamente, suas primeiras aplicações ocorreram na Faculdade de Medicina de McMaster, em Hamilton, Ontário, Canadá, ainda na década de 1960, como estratégia para integrar teoria e prática nos cursos da área de saúde (de Andrade Gomes et al., 2024). Sua principal característica é a apresentação de problemas reais que precisam ser resolvidos com base na articulação entre fundamentos teóricos e aplicações práticas. Nessa abordagem, os estudantes são incentivados a buscar informações e soluções de forma autônoma, enquanto o docente atua como facilitador do processo (Rosário; Dias, 2024).

A ABP promove a colaboração entre os alunos e o desenvolvimento de habilidades de comunicação, cooperação, liderança, pensamento crítico e autoavaliação. Essas habilidades socioemocionais (soft skills) complementam as habilidades técnicas (hard skills), contribuindo para a formação integral do estudante e sua atuação em contextos profissionais em equipe. A escolha do desafio técnico também é decisiva. Problemas relevantes e alinhados ao nível de conhecimento dos alunos tendem a aumentar o engajamento e a motivação para o alcance dos objetivos. Em termos práticos, a ABP organiza o processo de ensino-aprendizagem em etapas ao longo do período da atividade (Muerza et al., 2024). O processo inicia com a definição do problema pelo professor orientador, que deve ser suficientemente desafiador, realista e com um conjunto finito de soluções possíveis, favorecendo o pensamento crítico, a criatividade e a inovação. Em seguida, formam-se grupos pequenos, idealmente de 3 a 6 integrantes, aos quais o problema é apresentado com as informações necessárias para compreensão do contexto e do resultado esperado.

A partir daí, os grupos são estimulados a pesquisar e planejar, identificando o que já sabem, o que precisam aprender e como irão conduzir ensaios e experimentos. Com base nesses procedimentos, coletam e analisam dados, discutem alternativas e elaboram um plano de solução que equilibre teoria e prática. Ao longo desse percurso, reuniões de orientação permitem avaliar e refinar as ações, com apresentação progressiva dos avanços, compartilhamento de resultados e recebimento de feedback.

Ao término da atividade, após a entrega das soluções, reserva-se um momento para reflexão conjunta entre alunos e professor sobre o processo vivido. Nessa etapa, destaca-se o progresso alcançado, o que foi aprendido, as habilidades desenvolvidas e a contribuição da experiência para a preparação dos estudantes frente aos desafios reais do mercado de trabalho, fortalecendo competências práticas e teóricas.

Identificação por Radiofrequência

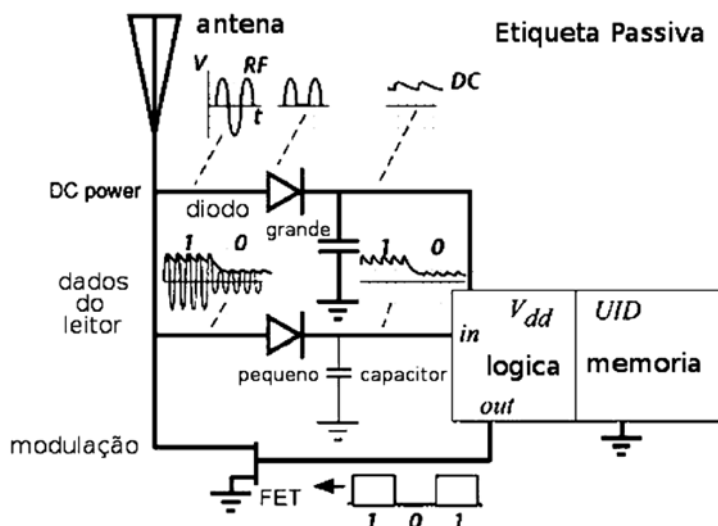
No tocante ao objeto de pesquisa, que constitui a problemática a ser tratada pelos alunos segundo a metodologia ativa, a escolha recaiu sobre a tecnologia RFID, sigla para Identificação por Radiofrequência. Essa é uma tecnologia que faz uso da comunicação por meio de radiofrequência para transmitir dados de um dispositivo móvel como uma etiqueta ou um chaveiro dotado de microchip e antena, denominados de tags (Worku et al., 2024). As informações são transferidas através de ondas de rádio dentro da faixa ISM (industrial, científica e médica), garantindo baixo custo para os sistemas e disponibilidade em todo o mundo uma vez que está é uma banda não licenciada em todos os países. Sua origem vem da segunda guerra mundial, quando identificação por rádio era usada para diferenciar aviões inimigos de aliados. Com o decorrer do tempo o RFID evoluiu e tornou-se uma das ferramentas essenciais em questões de logística, saúde, transporte e segurança (Duroc, 2022).

Um sistema RFID é composto, em geral, por três elementos principais: tags (etiquetas), leitores/coletores e antenas, além de um sistema de informação que utiliza os dados coletados. A tag, ou transponder, tem a função de receber comandos por radiofrequência e responder a eles. Sua estrutura básica inclui um microchip, responsável por armazenar as informações, e uma antena, ambos encapsulados em materiais como plástico ou silicone.

As tags podem ser classificadas em passivas, ativas e semipassivas (via dupla). As passivas são as mais utilizadas, pois têm baixo custo e não necessitam de bateria interna (de Queiroz; de Araújo; Horta, 2014). Elas obtêm energia do próprio campo eletromagnético gerado pelo leitor, transmitido por uma antena dipolo até a antena dipolo da tag. O sinal recebido é convertido em tensão alternada e, em seguida, retificado para tensão contínua, que carrega capacitores internos e alimenta o microchip por um curto intervalo de tempo, suficiente para

ativá-lo (Figura 1). O mesmo canal de rádio é então usado para devolver ao leitor os dados armazenados na tag, por meio de um processo de modulação (backscatter).

Figura 1 - Diagrama em blocos de uma tag passiva



Fonte: de Queiroz; de Araújo; Horta, 2014

As faixas de freqüência mais comuns utilizadas pelo RFID são a LF (low frequency) HF (high frequency), UHF (ultra-high frequency) e microondas. Em UHF é possível efetuar a leitura de tags em distâncias de até 10 metros, sendo utilizada normalmente em controle e fornecimento logístico (RFID, 2025).

Indicador de intensidade do sinal recebido (Received Signal Strength Indicator - RSSI)

O desempenho de canais de radiofrequência na camada física, incluindo enlaces RFID, é comumente avaliado pelo Received Signal Strength Indicator (RSSI), que mede a potência do sinal de rádio recebido. No contexto da RFID, o RSSI indica a intensidade do sinal de RF retroespalhado pela tag e recebido pelo leitor, servindo também como estimativa indireta da distância: valores mais altos indicam maior proximidade e valores mais baixos, maior afastamento.

O RSSI é expresso em decibéis por miliwatt (dBm) e sofre influência de fatores como condições ambientais, interferências, orientação da etiqueta e obstáculos físicos (RSSI, 2024). Em aplicações RFID, valores em torno de -30 dBm são considerados ótimos, enquanto cerca de -85 dBm indicam sinal fraco. Um leitor portátil típico pode transmitir cerca de 1 W

(30 dBm), ao passo que uma tag UHF costuma retroespalhar entre -30 dBm ($\approx 1 \mu\text{W}$) e -85 dBm, ou seja, apenas uma fração da potência original retorna ao leitor. Por se tratar de uma grandeza logarítmica, um RSSI de -100 dBm corresponde a aproximadamente $0,1 \text{ pW}$, refletindo a rápida atenuação do sinal com a distância, em conformidade com a lei do inverso do quadrado na propagação de ondas eletromagnéticas. Também se observa na literatura uma correlação entre a distância das tags à fonte do sinal de RF e o maior efeito sobre o valor do RSSI e conseqüentemente da potência irradiada por esta em resposta ao leitor/coletor, tornando-se mais importante à distâncias maiores (Bhalla; Mishra, 2024).

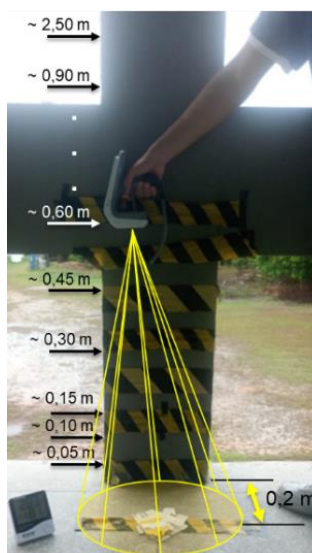
O comportamento quanto a distância guarda relação com a propagação de sinais eletromagnéticos de rádio e também com o projeto de antena do tipo dipolo usada na tecnologia RFID. Uma antena dipolo é composta por dois condutores idênticos alinhados e alimentados por um único ponto central, sendo a antena dipolo de meia onda o projeto mais comum, onde o comprimento total é aproximadamente a metade do comprimento de onda da frequência para a qual ela é projetada (Suehiro et al., 2025). A sua geometria e orientação espacial é crítica, devendo levar em consideração a direção do sinal de transmissão desejado e a polarização deste (horizontal ou vertical) de acordo com a polarização do sinal da antena receptora.

3. METODOLOGIA

Adotou-se uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada, estruturada como pesquisa-ação pedagógica ancorada na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e organizada sob a forma de estudo de caso único com uma equipe de quatro alunos de Curso Técnico. A pesquisa-ação é adequada para investigar e transformar práticas educativas em contexto real, articulando ciclos de planejamento, intervenção e reflexão (Rodrigues; Silva, 2022), enquanto estudos de caso permitem a análise aprofundada de uma situação delimitada em ambientes de engenharia e áreas tecnológicas (Cauchick-Miguel; Sousa-Zomer; Tortorella, 2023). A combinação entre ABP e pesquisa-ação tem sido empregada para investigar intervenções pedagógicas em contextos autênticos, focadas no desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais (Diquito; Franco; Caballes, 2024).

Por meio das reuniões de orientação foi apresentado para a equipe o problema, na forma de um desafio: a caracterização do comportamento de um conjunto de tags RFID. A equipe de forma autônoma realizou a revisão dos referenciais teóricos indicados, relacionados ao tema do trabalho. Planejou e executou experimentos em bancada para melhor compreensão dos elementos que compõem um sistema RFID, e planejou e executou um experimento em campo aberto, para coleta de dados e posterior análise e caracterização. O experimento de campo, apoiado pelas ações de orientação e pesquisa prévia, foi modelado para coletar dados referente a leitura de 20 (vinte) tags passivas UHF com diferentes tamanhos, formatos e encapsulamentos (ALIEN, 2024). O ambiente de testes para o experimento de campo é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Área delimitada para realização do experimento de campo



Fonte: Os autores, 2024.

As tags foram dispostas em uma região demarcada. Um leitor/coletor de dados portátil do fabricante Zebra, modelo RFD 8500 foi utilizado sendo as tags dispostas dentro do campo de irradiação da antena dipolo desse (ZEBRA, 2020). O afastamento do leitor/coletor em relação ao plano onde as tags foram dispostas foi progressivamente incrementado, partindo-se de 0,05 m, com degraus de 0,05 m, 0,15 m, 0,30 m e 0,60 m, respectivamente, realizando-se 3 (três) leituras consecutivas em cada distância d . A distância máxima utilizada foi de 2,5 m, a partir da qual não foi mais possível ler com sucesso qualquer tag UHF. As métricas usadas, definidas pela equipe, foram a distância entre as tags e o leitor/coletor, o número de tags lidas

com sucesso e o indicador de intensidade do sinal recebido (Received Signal Strength Indicator - RSSI) de cada tag, dados esses coletados em campo para cada distância d.

Os experimentos foram realizados em ambiente real, não anecóico, em área externa ao laboratório de pesquisa. As tags estavam sujeitas à presença dos efeitos interferentes típicos em sua operação normal diária como multipercurso, perdas por penetração, reflexão, refração, difração, e espalhamento, sendo suas influências sobre os resultados não modeladas neste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como preconizado pela aprendizagem baseada em problemas, os membros da equipe foram estimulados a analisar as informações, discutir possíveis soluções e compor hipóteses para a caracterização das tags. Os dados obtidos do experimento foram tabulados e organizados nas Tabelas 1 e 2, apresentadas.

Tabela 1: Número de leituras bem sucedidas durante o experimento.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO		INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS																		
		CAMPUS MANAUS - DISTRITO INDUSTRIAL - CMI																		
		EXPERIMENTO PARAPCCT - QUANTIDADE DE LEITURAS BEM SUCEDIDAS - RFID UHF																		
		Número de leituras corretas (OK)																		
Distância (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,05	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
0,1	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
0,15	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
0,3	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	2,0	3,0	0,0	3,0	1,0	3,0	2,0	3,0
0,45	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	2,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	2,0
0,6	0,0	1,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0
0,9	0,0	2,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	2,0
1,3	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
1,9	0,0	3,0	3,0	1,0	3,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
2,5	0,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Os autores, 2024.

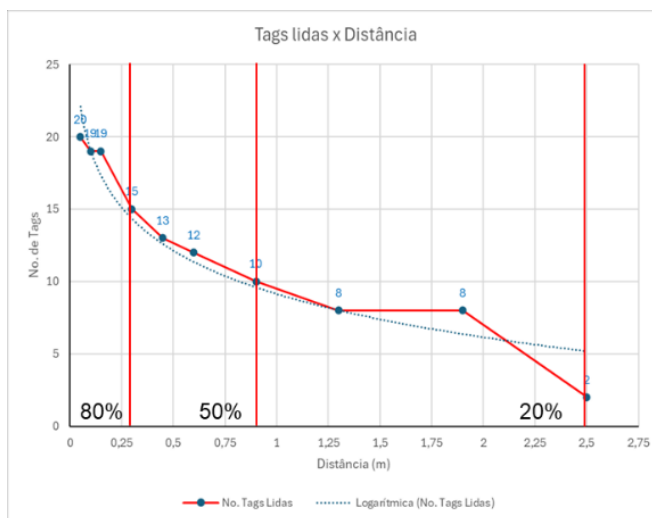
Tabela 2: Valores do RSSI coletados durante o experimento.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO		INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS																		
		CAMPUS MANAUS - DISTRITO INDUSTRIAL - CMI																		
		EXPERIMENTO PARAPCCT - MEDIÇÃO DO RSSI EM CAMPO ABERTO - RFID UHF																		
		RSSI																		
Distância (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,05	-47,3	-44,3	-24,0	-28,3	-28,7	-50,0	-31,7	-46,7	-33,3	-39,0	-32,0	-40,3	-40,0	-26,7	-26,7	-41,7	-46,7	-38,0	-33,0	-41,0
0,1		-51,3	-25,7	-26,0	-32,0	-53,0	-51,3	-50,7	-40,7	-54,3	-52,3	-47,0	-53,0	-41,3	-48,7	-52,0	-54,3	-39,3	-44,0	-49,0
0,15		-50,3	-29,7	-31,0	-35,3	-56,0	-51,7	-48,3	-43,0	-58,0	-56,0	-46,0	-55,0	-42,3	-48,0	-55,0	-56,0	-40,0	-45,3	-50,0
0,3		-53,3	-37,3	-38,7	-46,0		-55,0	-57,7	-51,3			-52,7	-65,0	-51,0		-61,3	-64,0	-44,7	-56,0	-56,7
0,45		-61,7	-45,0	-42,7	-49,7		-59,0	-60,3	-53,5			-56,0	-66,7	-54,3		-62,3	-62,0	-48,0		-62,0
0,6		-65,0	-45,7	-42,7	-50,3			-61,3	-56,0			-56,3	-68,3	-55,0		-61,7	-64,0	-49,3		-65,0
0,9		-58,5	-50,7	-49,7	-60,0			-65,5	-60,3					-61,0		-64,5		-53,7		-66,5
1,3		-56,3	-47,3	-55,0	-59,3			-65,0	-57,5									-52,0		-63,0
1,9		-55,0	-50,7	-58,0	-57,3			-67,0	-60,0									-53,3		-61,7
2,5		-60,0	-60,3																	-61,7

Fonte: Os autores, 2024.

Por meio das análises conduzidas pela equipe, apoiadas pelo professor orientador, observou-se que o máxima alcance obtido foi da ordem de 2,5 metros (2 tags) e a máxima quantidade de tags lidas simultaneamente foi alcançada à apenas 0,05 cm (20 tags). Estratificando o conjunto, obteve-se 80% de leituras bem sucedidas à 0,3 m (15 tags), 50% à 0,9 m (10 tags) e apenas 10% de sucesso à 2,5 m (2 tags). Estes resultados são apresentados no gráfico 1.

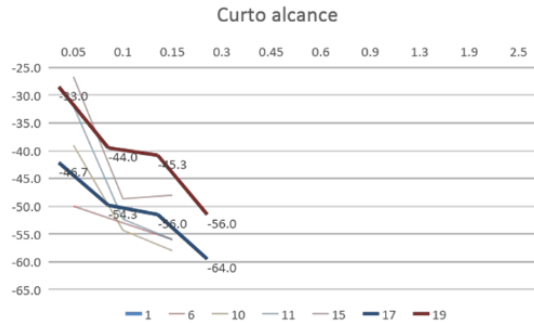
Gráfico 1: Quantidade de tags lidas com sucesso no experimento.



Fonte: Os autores, 2024.

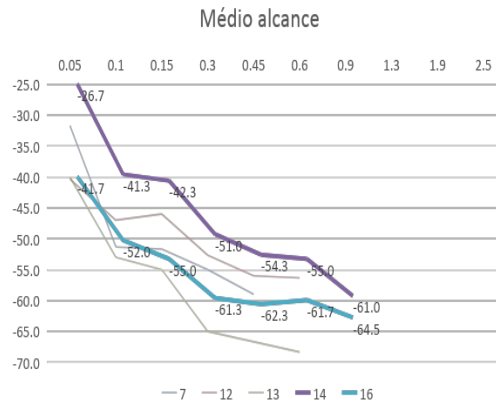
Evidenciou-se que o valor do RSSI mínimo para a leitura bem-sucedida de qualquer das tags do conjunto avaliado ficou dentro de uma faixa, nomeada pelos alunos neste trabalho como “Faixa Mínima de RSSI” (FMR), com valores entre -55 dBm e -67dBm. As tags alcançaram a FMR a distâncias diferentes, permitindo categorizá-las em três faixas de operação, baseadas nesse critério: curto, médio e longo alcance. Para o curto alcance, observou-se que o RSSI tornava-se igual ou maior a FMR entre 0,05 m e 0,30 m. Para o médio alcance, entre 0,45 m e 0,90 m, e para o longo alcance o RSSI alcançava a FMR somente acima de 0,9 m. O comportamento de cada subconjunto é apresentado nos gráficos 2, 3 e 4.

Gráfico 2: Curvas do RSSI para tags de curto alcance.



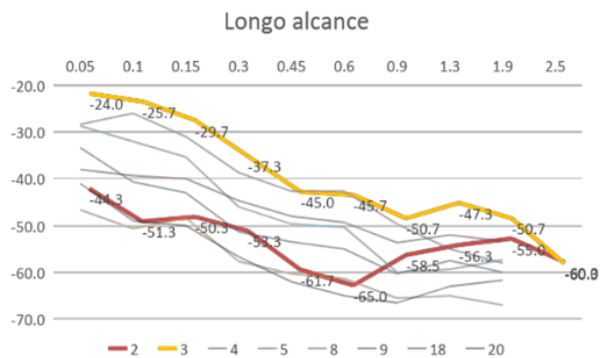
Fonte: Os autores, 2024.

Gráfico 3: Curvas do RSSI para tags de médio alcance.



Fonte: Os autores, 2024.

Gráfico 4: Curvas do RSSI para tags de longo alcance.



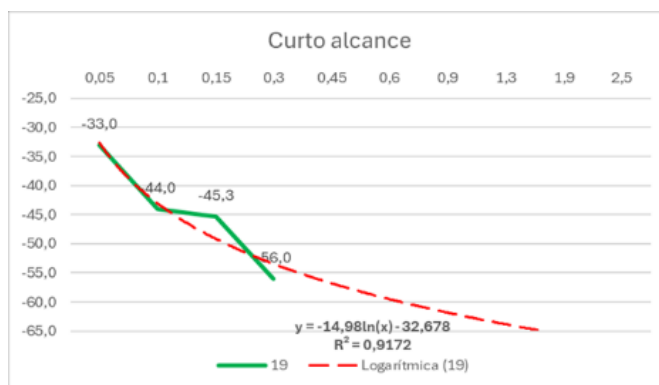
Fonte: Os autores, 2024.

Para o comportamento observado, a equipe formulou hipóteses onde o sinal de RF perde potência proporcionalmente à distância, restando identificar a constante de proporcionalidade adequada; e que já iniciar com RSSI baixo limita o alcance. Os testes de modelos matemáticos que representassem o comportamento, consistente, apresentado em cada categoria, onde a perda de potência tem um decréscimo acentuado na proximidade do leitor e torna-se mais suave com o aumento da distância, apontaram maior aderência ao modelo logarítmico.

O comportamento dos dados foi então modelado em todas as faixas de operação adotando-se como hipótese um modelo matemático logarítmico, obtendo-se alto grau de aderência (R-quadrado maior que 0,8), indicando que o modelo se ajusta bem ao comportamento dos dados.

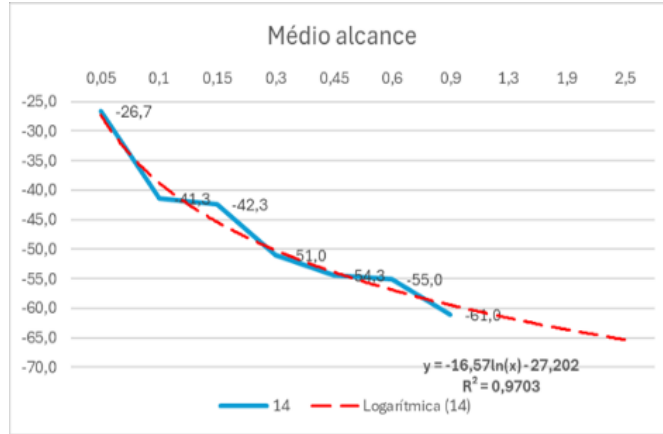
Destaca-se que R-quadrado é uma medida estatística que indica quão próximos os resultados de um modelo matemático estão dos dados reais. Por óbvio, era esperado por tratar-se de redução de potência de propagação de um sinal de rádio, que segue a lei do inverso do quadrado da distância para ondas eletromagnéticas. Todavia, a constatação prática do resultado gerou reforço positivo para a fixação do conceito envolvido junto aos alunos. A tendência e teste de R-Quadrado realizados para cada categoria são exibidos nos gráficos 5, 6 e 7.

Gráfico 5: Linha de tendência e resultado do teste R-quadrado para tags de curto alcance.



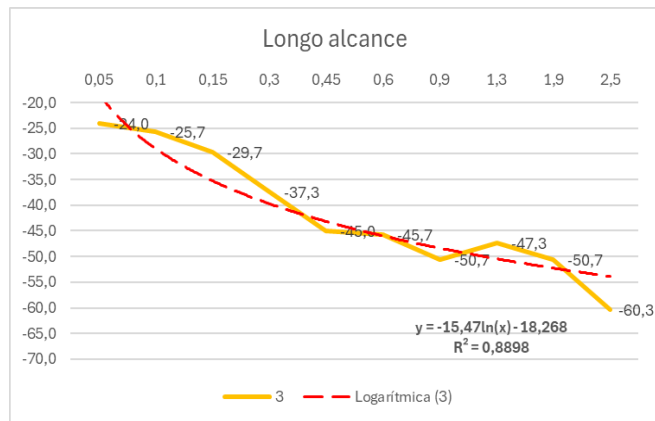
Fonte: Os autores, 2024.

Gráfico 6: Linha de tendência e resultado do teste R-quadrado para tags de médio alcance.



Fonte: Os autores, 2024.

Gráfico 7: Linha de tendência e resultado do teste R-quadrado para tags de longo alcance.



Fonte: Os autores, 2024.

Observou-se ainda que tags fisicamente menores apresentam curvas de perda de potência com inclinação mais acentuada, já iniciando com RSSI muito baixos e alcançando a FMR logo a curtas distâncias, limitando seu alcance efetivo. Por seu turno, tags maiores, mesmo que já iniciem com RSSI baixos, alcançam a FMR a distâncias maiores devido a menor inclinação de suas curvas de perda de potência. Estes comportamentos estão primariamente ligados ao tamanho e geometria da antena. Interferência mútua e orientação espacial dentro do campo de irradiação do leitor/coletor possivelmente também contribuem para não alcançar as distâncias máximas de leitura informadas na literatura e pelo fabricante.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, estruturado como pesquisa-ação pedagógica ancorada na ABP e organizado como estudo de caso, tomou como foco um Projeto de Conclusão de Curso Técnico em Mecatrônica Industrial. O problema proposto – caracterizar o comportamento de um conjunto de tags RFID UHF passivas em condições reais de operação – funcionou simultaneamente como desafio técnico e como eixo articulador do processo formativo.

Do ponto de vista técnico-científico, o trabalho produziu uma caracterização empírica sistemática do desempenho de 20 tags RFID UHF com diferentes tamanhos, formatos e encapsulamentos em ambiente de campo não anecóico. Foram identificados alcances máximos distintos para cada modelo, uma faixa de mínima resposta (FMR) de RSSI comum às tags bem-sucedidas (aprox. -55 dBm a -67 dBm), a possibilidade de categorizá-las em faixas de operação com base na FMR e a aderência do RSSI em função da distância a modelos logarítmicos com coeficientes de determinação elevados. Esses resultados reforçam o papel do tamanho e da geometria da antena, bem como de efeitos de orientação espacial e interferência mútua, complementando dados usualmente apresentados apenas em condições controladas.

No plano pedagógico, a organização do PCCT como problema aberto e realista, associado a uma tecnologia de uso industrial corrente, mostrou-se eficaz para ampliar o engajamento discente em um contexto de ensino técnico profissionalizante marcado por desafios geracionais de motivação. A condução em ciclos de planejamento, execução, análise e reflexão favoreceu a integração de conhecimentos de eletrônica, comunicação sem fio, automação e tratamento de dados, ao mesmo tempo em que estimulou habilidades de pesquisa, trabalho em equipe, comunicação, liderança e pensamento crítico, em consonância com evidências recentes sobre o potencial da ABP na educação profissional.

Em síntese, as contribuições do estudo se organizam em dois eixos principais: (i) no eixo tecnológico, a oferta de evidências experimentais sobre o comportamento de tags RFID UHF em cenário realista, úteis ao dimensionamento de aplicações de rastreamento automático e a futuros estudos de modelagem; (ii) no eixo pedagógico, a demonstração de que uma

pesquisa qualitativa, aplicada, em formato de pesquisa-ação ancorada na ABP pode qualificar o Projeto de Conclusão de Curso como experiência formativa mais alinhada às demandas contemporâneas do ensino técnico, oferecendo um modelo replicável para outros cursos e instituições.

5. REFERÊNCIAS

ALIEN. **Tag Family Overview (2014-11-06)**. [S. l.]: [s. d.], 2024. Disponível em: [https://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Tag%20Family%20Overview%20\(2014-11-06\).pdf](https://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Tag%20Family%20Overview%20(2014-11-06).pdf). Acesso em: 25 set. 2025.

BHALLA, Anand Vardhan; MISHRA, Agya. Optimized Multi-target Localization in UHF RFID Systems: Leveraging Wavelet Neural Network and Non-Linear Filtering Techniques. **Mikrotalasna revija = Microwave Review**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 152–158, 2024.

CAUCHICK-MIGUEL, Paulo Augusto; SOUSA-ZOMER, Thayla Tavares; TORTORELLA, Guilherme. Methodological concerns in case-based research in industrial engineering: revisiting the challenges towards further recommendations. **Production**, [s. l.], v. 33, p. e20220095, 2023.

DE ANDRADE GOMES, Jéssica *et al.* Problem-Based Learning in Medical Education: A Global Research Landscape of the Last Ten Years (2013–2022). **Medical Science Educator**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 551–560, 2024.

DE QUEIROZ, Eduardo Luiz; DE ARAÚJO, Tairone Ádamo; HORTA, Mário Marcos Brito. RFID E O SEU USO NA INDÚSTRIA. [s. l.], 2014.

DIQUITO, Tomas Jr; FRANCO, Aia Sept; CABALLES, Maria Ericka. Problem-based Learning (PBL) Using Resource Mining as a Teaching Approach: An Action Research. **Journal of Arts, Humanities and Social Science**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 10–18, 2024.

DUROC, Yvan. From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field. **Sensors**, [s. l.], v. 22, n. 19, p. 7523, 2022.

GOMES, Hermenegildo *et al.* Radio-Frequency Identification Traceability System Implementation in the Packaging Section of an Industrial Company. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 23, p. 12943, 2023.

MUERZA, Victoria *et al.* Impact of Problem-Based Learning on the Perception, Understanding, and Application of Statistical Concepts in Business Administration and Management Students. **Sustainability**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 1591, 2024.

RFID. **RFID - Como escolher a etiqueta correta para seu projeto - ig3C**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://ig3solucoes.com.br/rfid-como-escolher-a-etiqueta-correta-para-seu-projeto/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

RODRIGUES, Ellen Nogueira; SILVA, Gildene do Ouro Lopes. PESQUISA-AÇÃO E SEUS ASPECTOS METODOLÓGICOS NOS MESTRADOS PROFISSIONAIS EM EDUCAÇÃO. **Revista de Estudos Aplicados em Educação**, [s. l.], v. 7, n. 14, 2022. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_estudos_aplicados/article/view/8767. Acesso em: 9 nov. 2025.

ROSÁRIO, Albérico Travassos; DIAS, Joana Carmo. Implementing Problem-Based Learning in Marketing Education: A Systematic Review and Analysis. **Education Sciences**, [s. l.], v. 14, n. 11, p. 1139, 2024.

SUEHIRO, Kazuki *et al.* Development of Metal-Compatible Dipole Antenna for RFID. **Electronics**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 1154, 2025.

SZYMKOWIAK, Andrzej *et al.* Information technology and Gen Z: The role of teachers, the internet, and technology in the education of young people. **Technology in Society**, [s. l.], v. 65, p. 101565, 2021.

WORKU, Minichil Chanie *et al.* Radio frequency identification technology; A method of analysis of falsified pharmaceutical products: Literature review. **Sage Open Medicine**, [s. l.], v. 12, p. 20503121241272725, 2024.

ZEBRA. **RFD8500 User Guide (en)**. [S. l.]: [s. d.], 2020. Disponível em: <https://www.zebra.com/content/dam/support-dam/en/documentation/unrestricted/guide/product/rfd8500-ug-en.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.