



Plano de instalação - MSDR

Faculdade de Engenharia - Campus Várzea Grande

Disciplina: Projeto de Engenharia de Computação 2 - Grupo 1

Discentes	RGA
Bruno Lucas da Silva Fernandes	201521901020
Emerson da Silva Rodrigues	201521901027
Kevin Botelho dos Santos Machado	201621901001
Jadson Matheus Bezerra de Lima	201811901012
Sergio Lucio Nunes da Silva	201811901024
Suellen Barros Ramos	201621901012
Pedro Paulo Santana Costa	201521901014

Docentes: Prof. Msc. Fabrício Barbosa de carvalho e Prof. Dr. Raoni Florentino da Silva Teixeira

Sumário

Sumário

[1. Introdução](#)

[2. Encapsulamento](#)

[2.1 Soldagem em placa universal](#)

[2.2 Montagem em caixa hermética](#)

[3. Instalação](#)

[3.1 Materiais](#)

[3.2 Possíveis problemas ou falhas](#)

[4. Busca de patentes](#)

[5. Conclusão e trabalhos futuros](#)

[6. Referências](#)

1. Introdução

O protótipo do projeto de Monitoramento de Sistemas de Drenagem em Rodovias (MSDR) foi feito na disciplina de Projetos I e seu funcionamento foi aprovado nos seguintes aspectos: Compartilhamento de informações entre módulo sensor e módulo receptor, arquitetura da solução, conectividade e visualização de dados síncronos. Algumas observações foram feitas pelo cliente, e pontos importantes foram levantados em relação à evolução do projeto e a transferência do protótipo para um projeto implementável a campo. As observações foram consideradas nesse documento, que aborda o processo de encapsulamento do projeto e a sua instalação no campo e as escolhas adotadas a fim de melhorar o desempenho e de proteger o sistema contra possíveis avarias. Além disso, documentamos aqui o processo de pesquisa por patentes relacionadas a solução desenvolvida pelo grupo, trazendo a possibilidade de solicitação de patente do sistema criado.

Uma mudança importante no projeto foi a remoção do sensor de umidade. Com o feedback do cliente, notou-se que a inserção desse sensor e as grandezas medidas por ele eram de pouca relevância para o objetivo do projeto (verificar a qualidade do sistema de drenagem e suas possíveis falhas), e poderia também, trazer mais fragilidade ao sistema e causar mais erros de leitura e dificuldades na instalação. Outra mudança de implementação foi a remoção de placas solares para fornecimento de energia para o sistema, estas foram substituídas por baterias de maior capacidade, a fim de reduzir a complexidade de uma versão inicial de implantação do sistema.

2. Encapsulamento

Quando falamos sobre encapsulamento, é importante entender porque isso é necessário após passarmos pela fase de montagem de um protótipo inicial, para a fase de implementação de um projeto a campo, em um ambiente fora do laboratório. Um protótipo geralmente é feito em uma plataforma de fácil modificação, como uma protoboard, na qual é possível mudar as conexões de maneira simples, adicionando ou subtraindo componentes. Já um segundo protótipo, pode ser feito em placa universal perfurada, com soldagem de componentes e trilhas feitas com estanho, de maneira fixa, dando mais segurança para conexões, mas ainda assim, certa flexibilidade para mudanças. Projetos finais geralmente são feitos na forma de PCB, placas com uma camada ou mais, dependendo da necessidade, e os componentes são apenas soldados na placa, sem necessidade de fazer as trilhas manualmente, isso dá muita segurança e confiabilidade para as conexões, contudo, não há possibilidade de modificações e o custo é mais alto. Para esta versão do projeto, foi definido que o circuito seria transferido da protoboard para uma placa universal perfurada, tendo assim melhor fixação nas conexões e a redução de fios necessários, mas mantendo certa flexibilidade e facilidade para alterações, adições e remoções de componentes.

Sendo assim, foi levantada uma lista de materiais necessários para a montagem de uma versão instalável a campo do sistema. A lista de materiais pode ser vista na figura 1.

Item	Nome	Modelo	Qntd	Preço unit. (R\$)
1	Microcontrolador	ESP32 LoRa	2	400,00
2	Sensor ultrassônico	JSN-SR04T	1	90,00
3	Powerbank	10.000 mah	1	75,00
4	Caixa hermética	Multitoc 14,5 x 10,5 x 7 cm	1	67,00
5	Caixa hermética	Multitoc 25 x 20 x 8 cm	1	56,00
6	Placa fenolite	Universal 10x10cm	2	20,00
7	Barramento LED	8 LEDS Ws2812	2	60,00
8	Fonte	Bivolt - 5V, 2A	1	30,00
9	Demais componentes	Jumpers, suportes, conectores, parafusos, estanho, termoretráteis, isolantes, etc.	1	100,00
Valor total				R\$ 898,00

Figura 1 - Lista de materiais e custos.

2.1 Soldagem em placa universal

De modo a trazer mais segurança e resistência ao circuito foram utilizados diversos artifícios, começando pela soldagem dos componentes. Foram montadas duas placas universais, uma para o módulo ESP32 Lora coletor/emissor, e outra para o receptor que foi conectado à nuvem. No coletor/emissor, foi soldado módulo ESP32, a placa receptora do sensor JSN-SR04 e três bornes conectados às portas 5v, GND e 3v do ESP32 Lora. Esses bornes foram inseridos na placa a fim de disponibilizar outras possíveis interfaces de alimentação de energia ao módulo, que podem ser úteis no futuro, até mesmo para alimentar outros sensores caso haja alguma alteração no projeto. Na figura 2 podemos ver como a placa de coletor/emissor ficou após a soldagem e na figura 3 podemos ver a outra face dessa placa, onde se encontram as trilhas do circuito.

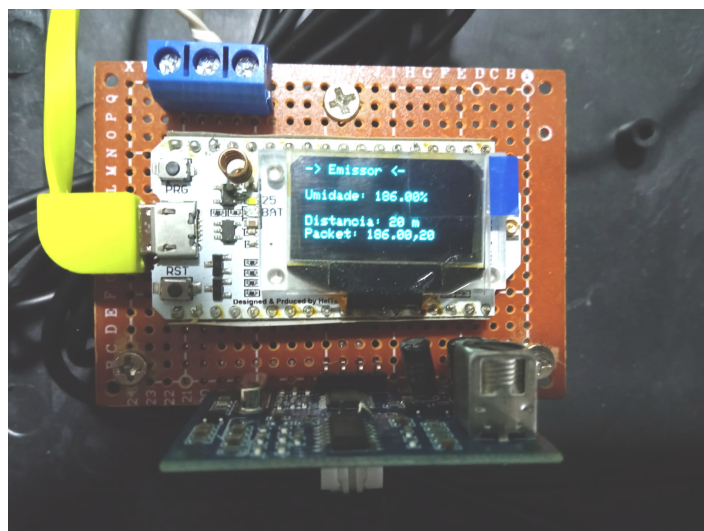


Figura 2 - Placa universal do coletor/emissor montada.

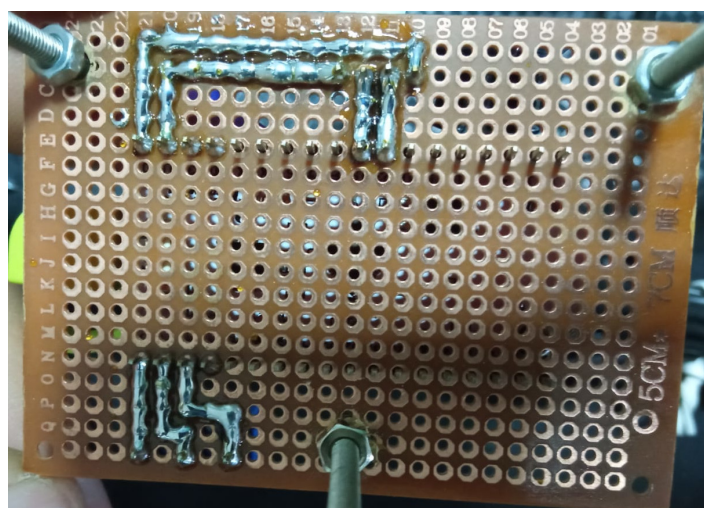


Figura 3 - Face inferior da placa universal do coletor/emissor.

2.2 Montagem em caixa hermética

Com a soldagem feita em placa universal, o circuito foi montado na caixa de encapsulamento. Essa caixa é hermética e possui certificado IP65. O certificado IP é um padrão internacional que indica o grau de proteção de um produto com base na resistência que o produto possui à poeira e água. O primeiro dígito indica a proteção contra poeira, que vai de 0 a 6, onde 0 representa não protegido e 6 representa proteção total. Já o segundo dígito representa a proteção contra líquidos, esse por sua vez varia de 0 a 8, sendo o 0 a representação da ausência de proteção e 8 a proteção contra submersão. Na figura 4 temos uma tabela demonstrativa.

1º NUMERAL CARACTERÍSTICO		2º NUMERAL CARACTERÍSTICO								FIBRACEM		
Grau de proteção contra pessoas e objetos sólidos		Grau de proteção contra o ingresso prejudicial de água										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8		
		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°	Protegido contra água aspersida de um ângulo de ± 60°	Protegido contra projeções d'água	Protegido contra jatos d'água	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes	Protegido contra imersão	Protegido contra submersão		
Não protegido		0	IP 00	IP 01	IP 02							
Protegido contra objetos sólidos com maior que 50 mm		1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13						
Protegido contra objetos sólidos com maior que 12 mm		2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23						
Protegido contra objetos sólidos com maior que 2,5 mm		3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34					
Protegido contra objetos sólidos com maior que 1 mm		4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46			
Protegido contra poeira Depressão: 200 mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro		5				IP 53	IP 54	IP 55	IP 56			
Totalmente protegido contra poeira Mesmo procedimento de teste.		6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	

Figura 4 - Tabela com todos os grupos de proteção.

Fonte: <https://www.fibracem.com/o-que-e-grau-de-protecao-ip>

A escolha dessa certificação IP está condicionada ao ambiente de instalação, uma vez que em períodos de chuva, o ambiente de instalação pode ficar com umidade altamente elevada, e em períodos de seca, o sistema pode ficar exposto a muita poeira. Na figura 5 podemos ver uma das caixas herméticas utilizadas para encapsulamento do projeto. Nas bordas da caixa há uma borracha de vedação, e nas três laterais existem travas duplas que garantem o melhor encaixe possível na vedação.



Figura 5 - Caixa hermética utilizada no encapsulamento do projeto.

Na fase de prototipação inicial do projeto, foi formulada a implementação de painéis solares para alimentar o sistema e suas baterias. Porém, devido ao custo adicional, complexidade de montagem e adição de pontos de erros, essa ideia foi substituída pela proposta de alimentação de energia do sistema através de duas baterias com capacidade maior do que o proposto na primeira fase. Na primeira fase do projeto, levantamos que no pico de consumo do sistema, ele levaria 12h para consumir a energia de uma bateria de 2200 mAh, sendo assim, com uma bateria de 10.000 mAh, o sistema levaria mais de 60h para consumir toda a energia da bateria. Sendo assim, propomos o uso de 2 baterias de 10.000 mAh para serem utilizadas na forma de rodízio, com substituição semanal, dado que o consumo do sistema não se mantém no pico todo o tempo, e é possível colocá-lo em hibernação. Enquanto uma bateria é carregada, outra é colocada em uso. A figura 6 e a figura 7 mostram a montagem final da caixa do coletor/emissor, com módulo ESP32, controlador do sensor JSN, Bateria de 10.000 mAh e sensor JSN acoplado na tampa da caixa, de modo a coletar os dados de distância da água ao topo da manilha de escoamento. Para acoplamento do sensor da tampa da caixa hermética foi utilizada uma broca para perfurar, micro retífica para ajustar o furo e silicone para vedação interna.

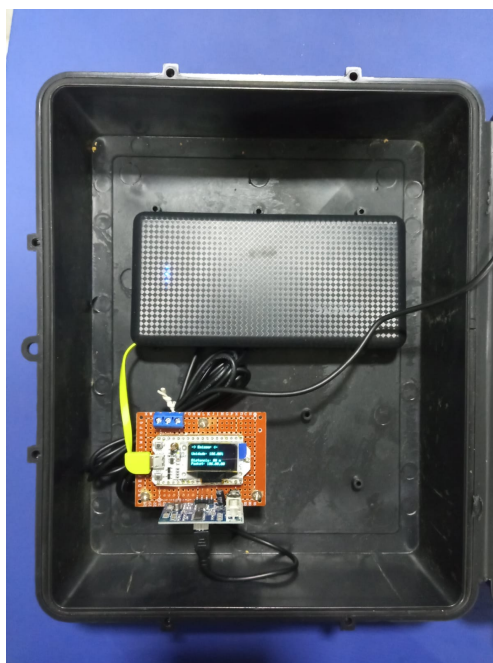


Figura 6 - Parte interna da caixa do emissor/coletor.



Figura 7 - Parte externa da caixa do coletor/emissor mostrando sensor acoplado.

Pensando em possíveis falhas do sistema de vedação e acúmulo de água dentro da caixa, utilizando parafusos e porcas e os suportes internos da caixa hermética, a placa foi suspensa do fundo da caixa, como mostra a figura 8, de forma a se afastar de possíveis acúmulos de água internos, que são improváveis por conta da vedação, ainda assim, possíveis.

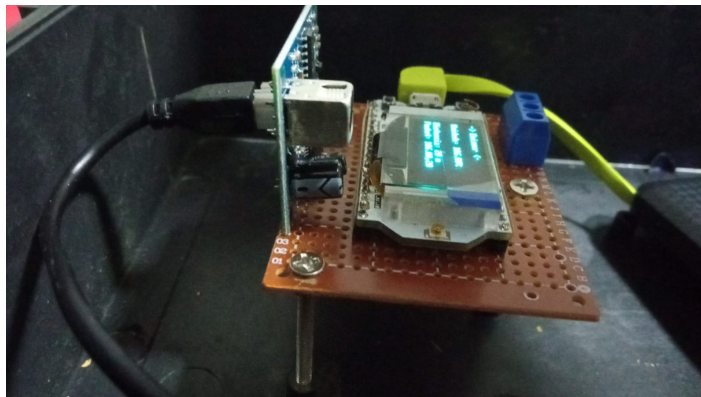


Figura 8 - Suspensão da placa do emissor/coletor.

A montagem do receptor foi mais simples, a placa possui apenas o ESP32 Lora e 5 bornes para alimentação do próprio módulo, dos LEDs e um conector extra ligado a uma porta digital para possível adição de algum sensor ou atuador no futuro. Sua montagem pode ser vista na figura 9.

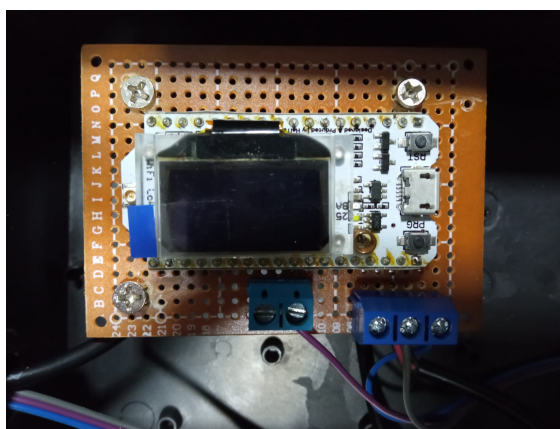


Figura 9 - Placa do receptor.

Na figura 10 podemos ver de maneira completa a parte interna da caixa do receptor. Na lateral esquerda temos a saída dos cabos que ligam os LEDs e também a fonte externa, há um conector que ajuda a isolar a parte interna e externa mesmo com a passagem do cabo, mas não há uma grande preocupação em relação a proteção dessa caixa contra água e poeira, uma vez que ela deve ser instalada no ambiente interno do local de instalação do pedágio. A figura 11 mostra a parte externa da caixa, na qual está presente o barramento de LEDs indicativos.

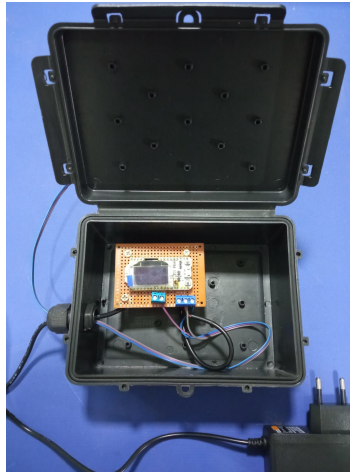


Figura 10 - Visão interna da caixa do receptor.



Figura 11 - Visão externa da caixa do receptor.

LEDs indicativos foram usados para facilitar a visualização dos possíveis estados do sistema em relação a coleta e ao tráfego de dados no mesmo. As cores utilizadas e seus significados podem ser vistos na tabela 1.

Tabela 1 - Cores indicativas e seus significados.

Cor	Indicação
Vermelho	Sem conexão com a rede
Azul	Dados do emissor recebidos
Verde	Conectado à rede, pronto para receber dados
Amarelo	Enviando dados recebidos para a nuvem

3. Instalação

A instalação consiste na fixação do dispositivo na parte superior do tubo de concreto armado, os tubos de concretos são de seção circular e suas dimensões são a partir de 300 mm, os elementos estruturais dos tubos envolvem concreto e ferragens de aços. A caixa hermética permanece lacrada evitando a exposição dos componentes diretamente com as intempéries, protegendo os demais elementos que estão no interior da caixa.

Os procedimentos da instalação geral do dispositivo ocorrem com furos executados com brocas e ponteiras diretamente na espessura do tubo, a amarração com arame recozido, abraçadeiras e parafusos são responsáveis

pela fixação da caixa, esses materiais são de revestimentos inoxidáveis, e por último a argamassa para cobrir pequenas armações do tubo que ficaram expostas.

Além dos dispositivos citados, também existem os módulos instalados nos locais dos pedágios que possuem área coberta, a instalação é na vertical, fixando o módulo com parafusos.

3.1 Materiais

Durante a execução dos métodos de instalação citados, são empregados os seguintes materiais para fixação da caixa hermética:

- Furadeira;
- Arame recozido;
- Marreta;
- Ponteira para martetele;
- Abraçadeiras;
- Parafusos;
- Argamassa.

3.2 Possíveis problemas ou falhas

1. Falha de vedação da caixa e entrada de água: Pensando nessa falha, as placas foram suspensas, a fim de reduzir o risco de contato com o líquido e consequentemente, o curto-circuito e queima de componentes.
2. Entrada de poeira na caixa: Esse é um risco sazonal, uma vez que a caixa será instalada em um local úmido, a exposição a poeira de maneira mais severa deve ocorrer em alguns períodos do ano e a certificação IP da caixa hermética garante vedação completa contra poeira. Há um risco maior por conta da necessidade de abrir e fechar a caixa frequentemente para substituição da bateria, o que pode ocasionar um desgaste na vedação e aumentar o risco de não fechar completamente a caixa tornando a vedação incompleta, contudo esse risco foi assumido ao analisar o custo de implantação de um sistema dependente de baterias carregadas por energia solar. Além disso, para os componentes utilizados, o acúmulo razoável de poeira não representa um risco crítico.
3. Ausência de carga na bateria e sistema fora do ar: Visando a mitigação deste problema, pode ser analisada a data do último envio de status do emissor para o receptor, e com base nisso, criar um alerta caso o emissor fique mais de 24 horas (ou outro período indicado pelo cliente), por exemplo, sem enviar dados, indicando ausência de bateria ou outro problema semelhante.
4. Queima de microcontrolador: Pensando nessa possibilidade, um método foi adotado na soldagem de ambos os ESP32 Lora: soldar apenas os pinos utilizados, com isso, a substituição fica condicionada a duas ferramentas, um ferro de solda simples e um sugador de solda. Nem sempre o método citado é adotado, geralmente todos os pinos são soldados a placa, visando reforçar as conexões e evitar falhas nos contatos.
5. Queima de sensor: A própria arquitetura do sensor facilita possíveis resoluções, o sensor é conectado ao seu controlador através de um conector simples, sendo assim, caso haja a queima do componente, não é necessário nenhuma ferramenta para a troca, basta soldar o conector, retirar o sensor da parte superior da caixa e adicionar um novo sensor.

4. Busca de patentes

Para obtenção dos resultados em relação às patentes foi realizado uma busca no site INPI (Instituto nacional da propriedade industrial), a partir disso definiu-se palavras chaves que fazem parte do projeto em questão, em seguida os dados foram separados em uma planilha tabulada e pode-se então analisar os resultados retornados

para elaboração de gráficos para uma melhor compreensão. As palavras chaves definidas podem ser elencadas logo abaixo:

- RODOVIAS MONITORAMENTO
- RODOVIAS SENSORIAMENTO
- RODOVIAS DRENAGEM

Desta forma, a busca retornou um total de 20 patentes, porém somente 4 delas são válidas, as outras são antigas e expiraram, ultrapassando 10 anos. As patentes válidas contidas com as demais informações estão presentes na tabela 1 apresentada logo a seguir.

PALAVRAS CHAVE	DATA DEPÓSITO	NÚMERO DO PEDIDO	TÍTULO	IPC	LINK PARA DOWNLOAD
RODOVIAS MONITORAMENTO	14/05/2019	BR 20 2019 009791 0	RODOVIAS CONECTADAS ATRAVÉS DE TECNOLOGIA PON E FIBRA ÓPTICA DAS OPERADORAS	H04W 16/18	https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatAction=detail&CodPedido=1510611&Seq
RODOVIAS MONITORAMENTO	16/08/2017	BR 10 2017 017613 4	SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PESAGEM DINÂMICA E DE VELOCIDADE DE VEÍCULOS EM PISTA	G01G 19/03	https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatAction=detail&CodPedido=1427471&Seq
RODOVIAS MONITORAMENTO	07/05/2015	BR 20 2015 010413 3	SISTEMA PARA REGISTRO, MONITORAMENTO E CONTROLE DE ACESSO E DE FLUXO DE VEÍCULOS	G08G 1/054	https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatAction=detail&CodPedido=1029809&Seq
RODOVIAS MONITORAMENTO	13/12/2013	BR 10 2013 032115 0	SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO POR GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS RELATIVOS À DEMARCAÇÃO VIÁRIA OU CORRELATOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E DE CONCRETO	G08G 1/13	https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatAction=detail&CodPedido=967909&Seq

Na figura 12 nota-se um gráfico que apresenta o total de patentes retornadas na busca na base do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial).

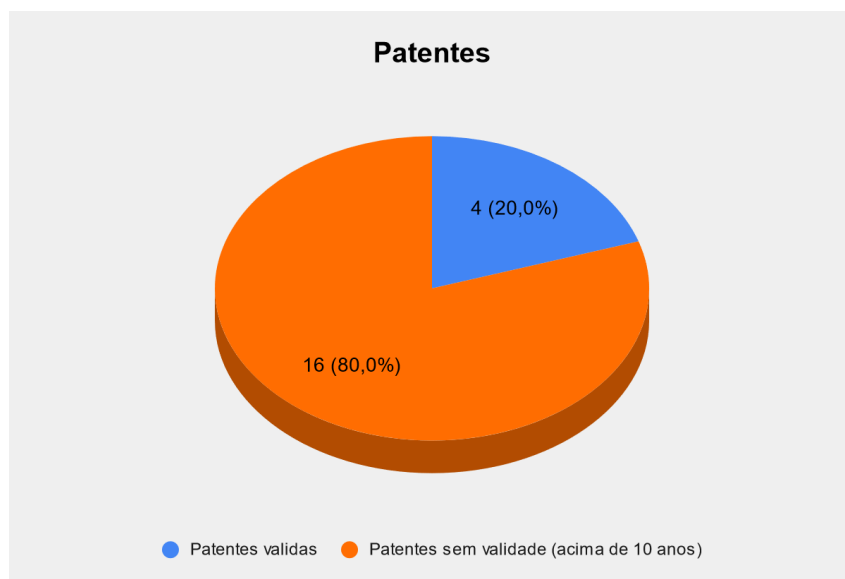


Figura 12: Gráfico em relação às patentes retornadas

A seguir na figura 13 é possível verificar todas as chaves de busca utilizadas durante a pesquisa de patentes para o projeto de drenagem.

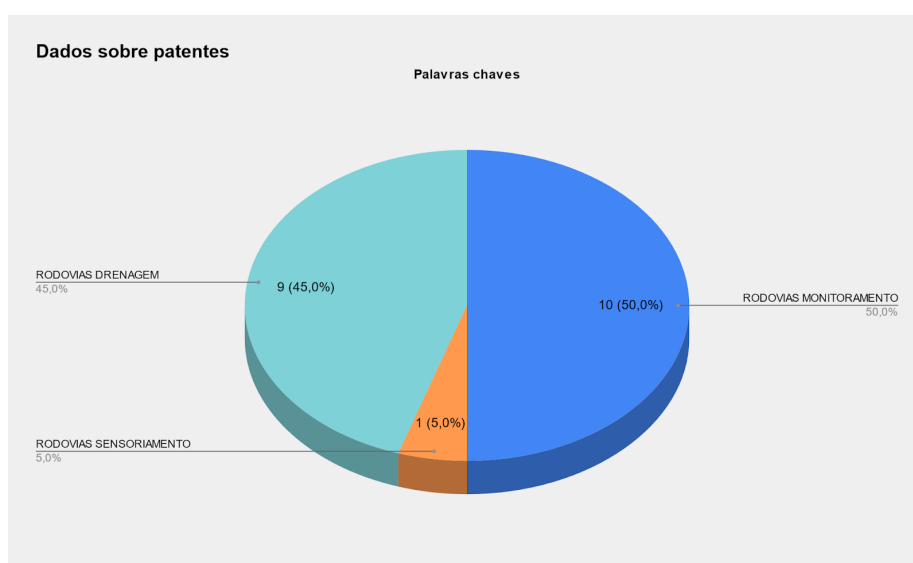


Figura 13: Palavras chaves utilizadas na busca

5. Conclusão e trabalhos futuros

No processo de encapsulamento, é notável que certas prioridades mudam em relação ao projeto. Inicialmente a adição de LEDs indicadores também seria adotada no coletor/emissor, facilitando a observação do funcionamento do mesmo, sem necessidade de abrir a caixa para verificar seu funcionamento. Contudo, analisando os riscos de perfuração da caixa, acoplamento de um módulo não certificado com proteção a poeira e umidade e também exposição do cabeamento, avaliou-se que a prioridade era a proteção do circuito interno da caixa. Além disso, percebeu-se que são necessários estudos sobre a manutenção, robustez, consumo e funcionamento do sistema em ambientes com exposição a intempéries, e que esse tópico está muito mais relacionado com a visão de engenharia de software e criação de produto do que com qualidade de código e adição de funcionalidades,

mostrando a importância do conhecimento interdisciplinar e da diversidade de conhecimento na equipe, que precisou consultar engenheiros civis para a elaboração desta documentação. Vemos também que é necessária e fundamental a participação do usuário no processo iterativo de implementação de uma solução, testando, reportando problemas e diagnosticando falhas no sistema, que precisam ser vistas pela equipe e muitas vezes passam despercebidas por conta da visão incompleta do problema ou do ambiente. A implementação desta fase do projeto foi fundamental para a visão clara de como um produto é conduzido através das fases de implementação de uma solução, e essa experiência foi muito importante para o preparo de toda a equipe na atuação profissional.

6. Referências

1. FIBRACEM. O que é Proteção ip?.2021. Disponível em <<https://www.fibracem.com/o-que-e-grau-de-protecao-ip>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2022.
2. Busca INPI, Propriedade industrial. Disponível em <<https://busca.inpi.gov.br/>> Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.
3. **Dicas para encapsulamento do seu projeto eletrônico, Filipe Santos. Disponível em** <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/iot/52-artigos-tecnicos/artigos-diversos/16897-dicas-para-encapsulamento-do-seu-projeto-eletronico-art4248>> Acesso em: 2 de março de 2022.