



Desenvolvimento de um sistema de telecomunicação com alta disponibilidade de dados, de baixo custo e consumo de energia para a telemetria da hidrologia, utilizando a tecnologia LORA

Tema: Tecnologias Emergentes

Autores: Lude Quieto Viana, Rafael Lima

Co-Autores: Dicson Soares Rabelo, Antônio Lameirão, César Augusto Silva de Farias, Philipe Vasques da Silva

Empresa: Light Serviços de Eletricidade S.A

Resumo

O projeto propõe um sistema de telemetria de alta disponibilidade para monitorar variáveis de hidrologia usando a tecnologia LoRa na rede LoRaWan. É um sistema inovador utilizando Dataloggers, Gateways e Servidores privados, não havendo registros de soluções semelhantes na literatura. O datalogger desenvolvido é mais barato e eficiente que o modelo de mercado, e o sistema de telemetria é propriedade da Light. O projeto foi testado em uma regional da Light e pode ser aplicado tanto em outras regionais como em outras concessionárias do setor elétrico. Para a Altus os benefícios se dão pela ampliação de suas áreas de atuação com a solução. O custo total previsto para o projeto é de R\$ 2.405.593,16, apresentando retorno de investimento com payback de 39 meses, TIR de 3,1269% e um VPL de R\$ 1.319.761,24.

1. Introdução

O uso de sensores em conjunto com a telemetria e o uso dela em sistemas de energia tem auxiliado na monitoração de diferentes tipos de grandezas, capturando informações de dispositivos remotos ou operando onde há dificuldade de instalação de cabos para acesso a dados. Ao longo do tempo o uso de rádio foi uma das formas de comunicação mais utilizadas para esse tipo de aplicação. Contudo, as tecnologias de rádio precisam contar com infraestruturas próprias de estações repetidoras de rádio, dificultando o uso das áreas para essa finalidade seja pelo custo de manutenção como os acordos para o uso das áreas.

O desenvolvimento exponencial das redes de telefonia móvel tornou muito mais fácil a implantação de comunicação para os sistemas de telemetria. O Brasil por sua dimensão continental muitas vezes apresenta a cobertura de sinal da rede ainda falha. Aliado a isso, os sistemas de comunicação baseada em telefonia digital, em geral, possuem alto consumo energético. Esse cenário no geral inviabiliza o uso deste tipo de tecnologia com alimentação a base de baterias ou fontes alternativas de energia.

Nos últimos 10 anos muitas soluções que visam resolver problemas de disponibilidade de rede, custo e baixo consumo vem sendo pesquisadas. A rede LoRa, apresenta vantagens do ponto de vista de consumo de energia com um alcance de vários quilômetros em regiões rurais remotas e com o uso de pouca infraestrutura de rede.

Este projeto desenvolvido pelo Altus e pela Light, tem como resultado um sistema de telemetria composto por dataloggers que coletam dados de sensores de nível, chuva, diagnósticos, tensão de bateria e outros e que armazenam estes dados e que periodicamente enviam os dados coletados através da sua interface ethernet diretamente para servidores ou utilizando conversores de meio como conversores de fibra-óptica, modems de telefonia móvel (3G/4G), satélite, rádios digitais ou outras interfaces compatíveis. Os data-loggers podem ainda enviar estes dados via sua interface de rádio Lora na Rede LoRaWan. Quando a comunicação se faz através desta rede são necessários gateways. Eles recebem os dados via rádio e encaminham para aplicações que rodam dentro dos servidores chamados Network Servers.

Os servidores além da infraestrutura de rede LoRaWan, possuem, o servidor FTP que é o protocolo utilizado para o envio de dados. Também foi desenvolvido software de hidrologia que recebe os dados, armazena em um banco de dados e exibe os dados. Através da interface é possível cadastrar estações, sensores, cadastro de curvas chave e outros. Os elementos e interfaces podem ser configurados como redundantes visando aumentar a disponibilidade do sistema.

Após desenvolvidos os elementos foi desenvolvido um projeto piloto instalado na Regional Ilha dos Pombos da Light. Foram instalados os dataloggers nos painéis já existentes conectando os sensores a eles assim como a infraestrutura de rede dependendo do tipo de conexão de cada posto. Os gateways foram instalados na usina de Ilha do Pombos. O sistema todo foi instalado e conectado ao sistema de telemetria existente e em paralelo com o sistema de hidrologia novo desenvolvido.

2. Desenvolvimento

Após a definição do projeto e sua reunião de abertura o projeto foi dividido em sprints, cada qual tendo um objetivo específico.

Sprint #1

O primeiro sprint teve como objetivo entregar uma revisão inicial de projeto dos entregáveis, ou seja do datalogger, do gateway e do servidor. Para isso foi necessário detalhar uma especificação do projeto como um todo através de atividade de levantamento requisitos dos produtos e do projeto piloto para aplicação futura. Para isso foi feito um levantamento de campo e análise de documentações do projeto existente. Também foram feitas avaliações de produtos utilizados em sistemas de hidrologia da Light e outros fornecedores de dataloggers e analisadas soluções de mercado com Lora.

Desta forma foram definidas as características dos datloggers, do gateway e servidor. Foram analisadas essas características pelos pesquisadores do projeto e por demais colaboradores da Altus afim de fazer uma análise crítica da solução proposta. As especificações foram então revisadas frente a estas análises e concluída a especificação inicial dos produtos.

Uma vez que essa análise foi concluída iniciaram-se o desenvolvimento dos esquemas elétricos do datalogger e gateway. Baseado num diagrama de blocos definidos anteriormente, foram necessárias pesquisas de circuitos e componentes em especial para atender características que são novas no portfólio de produtos da Altus. Dentre estas funcionalidades para o datalogger se destacam a interface SDI-12, o rádio Lora e a interface dos conversores analógicos digitais com maior precisão para garantir as características de leitura de sensores mais precisos. A definição nesta revisão de produto foi usar uma fonte externa de 12 Vdc para a alimentação dos sensores tendo em vista que a fonte de alimentação não foi projetada nesta etapa.

Já para o gateway Lora os principais componentes se relacionaram ao concentrador Lora e ao circuito de alimentação Power over Ethernet, que a posteriori não foi embarcado no protótipo final. O concentrador escolhido foi o RG191-M2 [1] que possui integrado um processador SX1301 da Semtech [2]. Também foi

realizada uma pesquisa de 11 possibilidade de processadores para conectar o concentrador e que seriam utilizados nos dois produtos. Foi definido o uso do processador ATSAMA5D27C-D5M-CU TFBGA289 [3], definido por custo e funcionalidades extras como debugger, interface serial, usb, etc.

Com isso foram desenvolvidos os esquemas elétricos dos dois produtos. Eles foram mais uma vez analisados criticamente pelos pesquisadores e mais equipe de colaboradores da Altus. Após esta análise se consolidou uma revisão A dos esquemas do datalogger e do gateway.

Sprint #2

O segundo sprint teve como objetivo montar protótipos dos produtos para testar as soluções adotadas, assim como validar e detalhar as especificações do sprint anterior culminando com uma revisão das mesmas. Ainda fez parte desta etapa a especificação do projeto piloto e a preparação de uma jiga para teste dos produtos.

A primeira atividade foi analisar o software de hidrologia existente, chamado AMH [4] [5], usando também como referência sugestões de mudança que a equipe da Light propôs [6] e propondo um detalhamento de todas as funcionalidades da ferramenta. Também foi analisada a estratégia de desenvolvimento sendo definido desenvolver uma ferramenta Web dedicada para tal finalidade.

Após isso foram iniciadas as montagens de protótipos dos produtos. A prototipação do gateway iniciou com uma solução usando o concentrador Lora pesquisado que foi adquirido e um Raspberry Pi 3 [7] através de interface SPI conforme Figura 1.

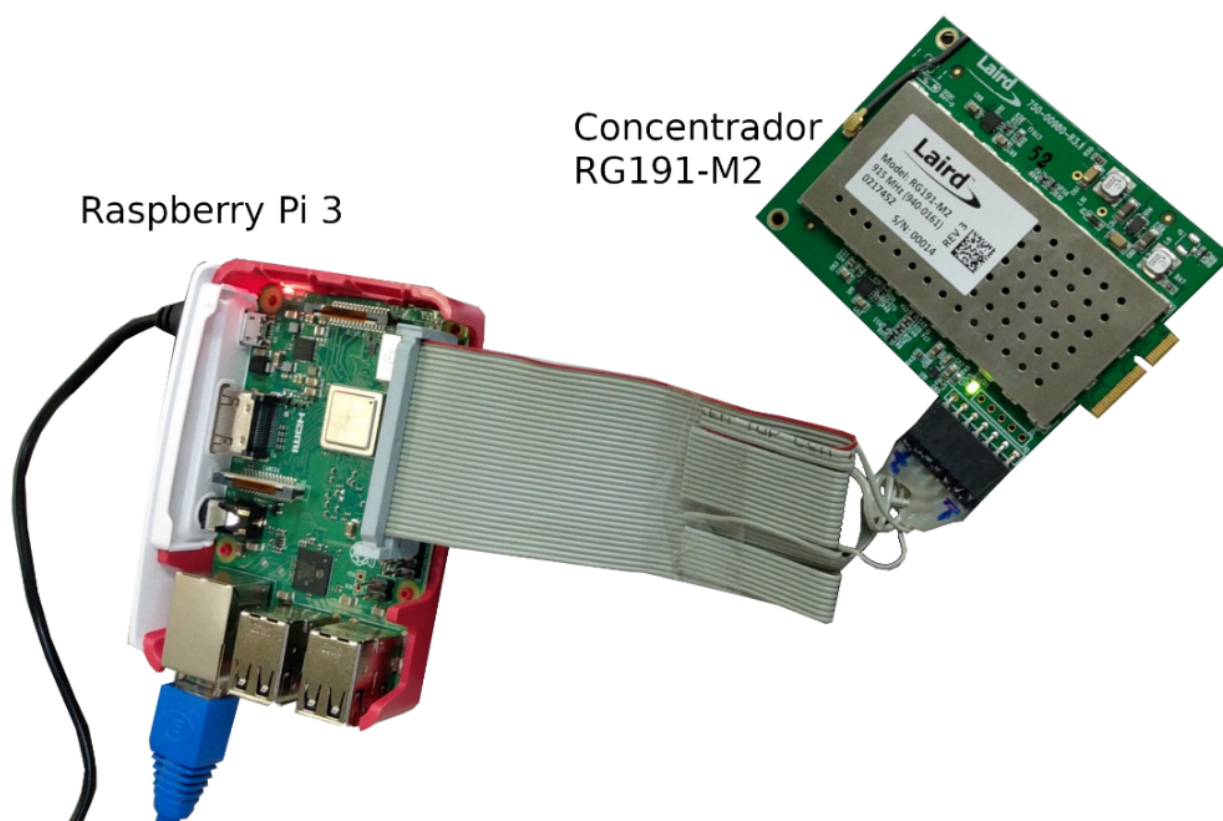


Figura 1. Protótipo do Gateway com Raspberry Pi 3.

Esta montagem foi bastante importante para etapas de outros sprints, em especial desenvolvimento de software, mas também para testes em campo e para a montagem com um processador semelhante ao utilizado no circuito projetado. Essa segunda montagem de protótipo pode ser vista na Figura 2 e teve como base um produto que a Altus já desenvolveu e permitiu esta montagem adicionando alguns circuitos novas que foram projetados no sprint anterior.

Também foi necessário o projeto de uma fonte de alimentação para os produtos para atender a alimentação de 9 Vdc a 30 Vdc e por isso nessa etapa foi realizada a pesquisa da solução e montagem de um protótipo visando validar a solução.

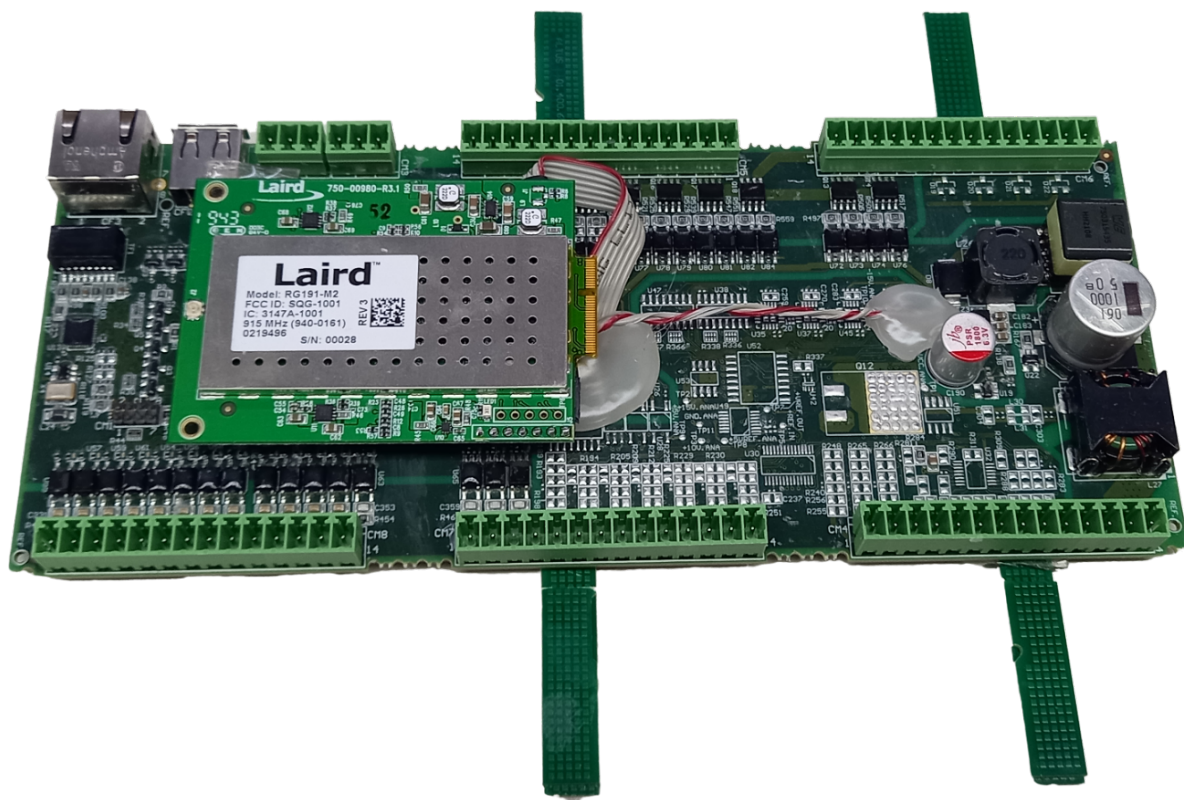


Figura 2. Protótipo Revisão A Gateway.

Foram analisadas 31 opções de circuitos sendo que 3 apresentaram um resultado melhor no que diz respeito a eficiência, custo e ocupação de espaço em placa. Também foram analisados documentos de referência e realizada análise de fontes existentes sem documentação. A escolha final foi o circuito utilizando o componente UCC2897A [8] foi utilizada uma placa existente com este componente e adaptados com outros componentes no entorno para atender a faixa de alimentação desejada.

Um dos pontos cruciais nesta fase foi realizar testes de campo com os rádios Lora do datalogger e gateway a serem usados nos protótipos. Para isso foram realizados testes no Rio Grande do Sul e na própria Regional Ilha dos Pombos da Light onde o sistema piloto foi instalado. Foram testadas quatro opções de rádios para o datalogger sendo escolhida a opção do fornecedor Microship (SAM R34) [9] em função da facilidade de configuração e resultados nos testes com um alcance bom, com mais de 6km de alcance.

O primeiro teste realizado no Rio Grande do Sul e apresentou um alcance máximo de 2,7 km. A conclusão foi que o alcance máximo alcançado se deu pelo uso do fator de espalhamento espectral SF8 [10]. Modificaram-se as configurações dos rádios e um segundo teste foi realizado em outro local com possibilidade de visada mais também no Rio Grande do Sul. Foi então que o rádio escolhido apresentou um alcance de 6,62 km como mostra a análise teórica do link máximo conforme Figura 3.

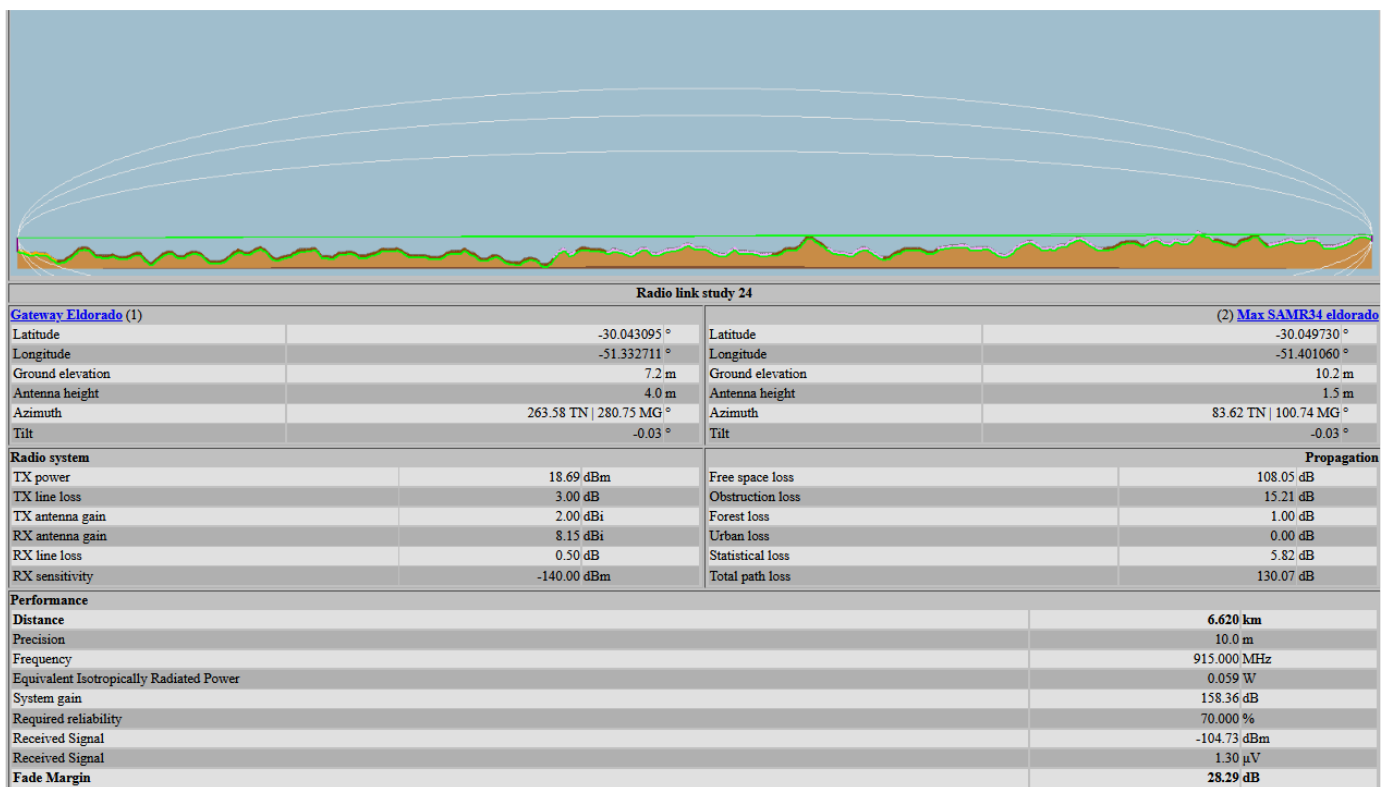


Figura 3. Maior distância atingida com SAMR34.

Antes da definição da escolha do rádio foi realizado um teste em campo em Ilha dos Pombos onde os rádios seriam aplicados. O desejo da Light era instalar um novo posto a Jusante em Porto Velho do Cunha. Foi realizada a instalação de gateway na usina de Ilha dos Pombos e realizado teste neste local, próximo ao local conhecido como praça do peixe. Os resultados não foram satisfatórios. Foram então realizados mais testes e concluído que seriam necessárias adaptações nos pontos de envio e coleta para possibilitar a comunicação pois ela não estava acontecendo devido ao relevo entre estes dois pontos. Várias possibilidades foram levantadas para um novo teste. Em paralelo a isso foi feita a montagem de um protótipo do datalogger usando o rádio selecionado.

Como base nos resultados dos testes com os protótipos montados foram realizadas modificações nos circuitos elétricos do gateway e datalogger. Além disso as definições da fonte de alimentação foram incorporadas aos circuitos. Desta forma ambos os produtos geraram uma nova revisão de circuito que foi analisada criticamente e consolidada em uma revisão B de cada um deles.

No sprint #2 também foi dado início a especificação do projeto piloto a ser implantado em Ilha dos Pombos. Para isso foram analisados documentos fornecidos pela light com a informação de cada posto de coleta de dados [11] além de informações levantadas pela equipe de projeto durante visita a campo. Com isso se gerou especificação, uma lista de pontos de entradas e saídas em conjunto com uma planilha chamada interface de comunicação (ICOM), uma definição de caderno de telas com esboços das telas a serem desenvolvida para o sistema e um primeiro esquema de ligação dos dataloggers nos postos onde estes serão instalados.

Por fim para a finalização do sprint foi desenvolvida uma especificação de uma jiga para testar os gateways e dataloggers. A jiga visa permitir testar todas a funcionalidades destes produtos e também a conexão de rádio Lora entre eles. Desta forma foi projetada uma jiga que conecta vários produtos ao mesmo tempo em um switch ethernet com um sistema de teste e que podem ficar comunicando de forma concomitante.

O objetivo do terceiro sprint foi terminar o desenvolvimento básico dos produtos do ponto de vista de montagem dos protótipos de hardware, desenvolver o software embarcado e iniciar a integração destes com o projeto piloto. Para poder iniciar essa etapa era necessário realizar mais testes de campo tendo em vista os resultados negativos dos testes realizados no sprint #2 onde a comunicação Lora não funcionou no ponto desejado. Foi realizado teste em outro ponto de coleta a Jusante com gateway instalado no mesmo ponto do teste anterior. Os resultados foram positivos. Ainda foram realizados outros testes com o gateway instalado em outro ponto da Usina de Ilha dos Pombos sem sucesso.

Foram então realizados os layouts das placas do gateway e do datalogger para a produção das mesmas e montagem de protótipos da linha de montagem de componentes da Altus. As placas montadas podem ser vistas nas Figuras 4 e 5. Uma vez que os protótipos foram montados muitas etapas puderam ter sequência. Primeiramente os protótipos passaram por uma verificação de hardware a fim de verificar o funcionamento correto de todos os circuitos desenvolvidos. Foi testada primeiramente a alimentação e todas as fontes geradas a partir do circuito de alimentação. Também foi testada a eficiência da fonte e o circuito de PoE apesar do mesmo não ser utilizado.



Figura 4. Protótipo do Gateway Rev. B.

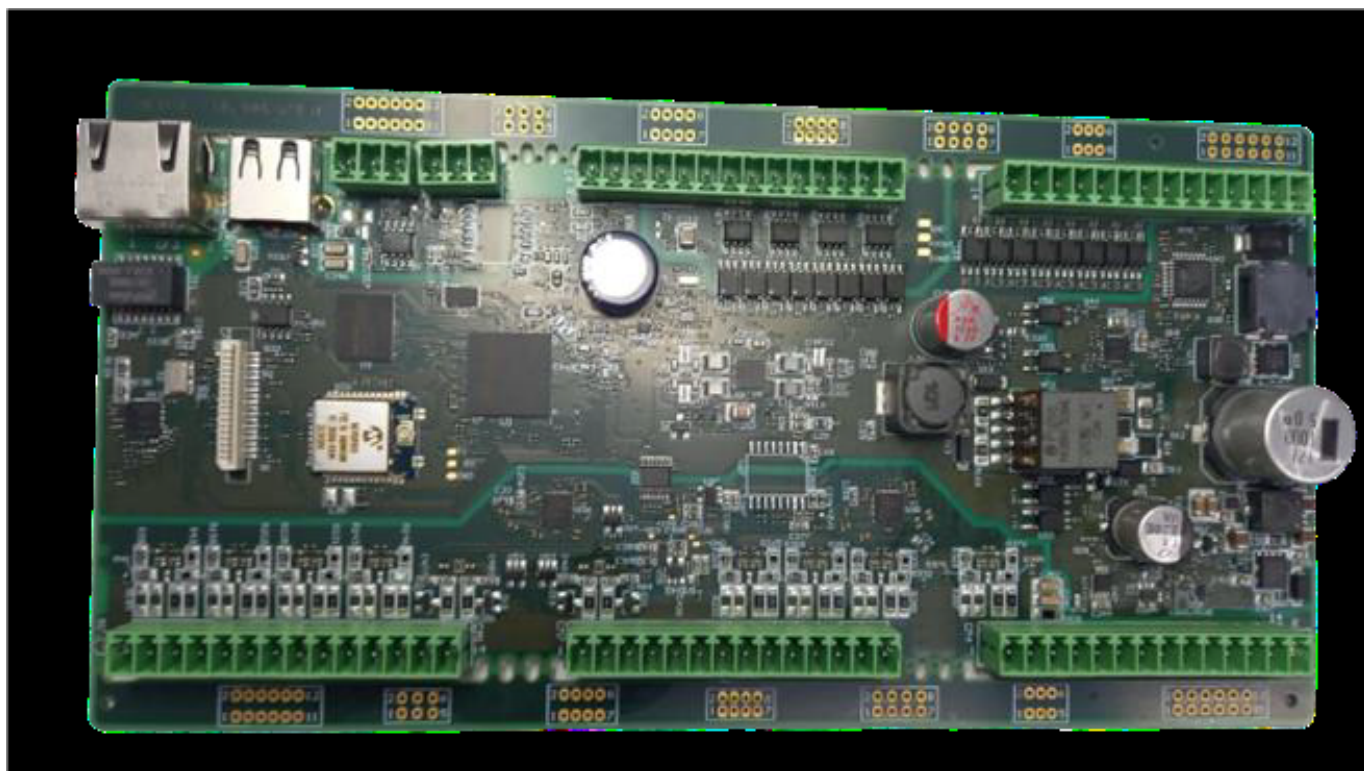


Figura 5. Protótipo do Datalogger Rev. B.

Também foi necessário teste da saída de 12 Vdc para os sensores SDI-12. Depois as proteções contra curto da mesma interface foram testadas. Uma vez que isso estava correto passou-se para o teste funcional da linha da interface. Se avaliou níveis de tensão e velocidade de mudança de estado lógico assim como a máxima taxa de transmissão. As entradas digitais também foram testadas nesta etapa, verificando o threshold e frequência máxima. A partir da especificação realizada no sprint anterior foram montadas a jigas para teste do gateway e do datalogger usando os protótipos montados para esta finalidade.

De posse dos protótipos foi possível evoluir o desenvolvimento do software embarcado. Foi desenvolvido um software do gateway ainda com uso dos dois primeiros protótipos montados. Após isso foram realizadas algumas alterações para permitir embarcar esta solução no gateway revisão B. O software do gateway é responsável por configurar o concentrado Lora e se comunicar com ele para receber dados e encaminhá-los por rede ethernet ao Network Server configurado. A configuração é realizada em uma interface web que também está embarcada no próprio gateway.

Já o software embarcado do datalogger tem mais funcionalidades. Além de embarcar as funcionalidades básicas do sistema operacional foi necessário desenvolver a integração com as interfaces SDI-12, Lora, comunicação com um processador que implementa funcionalidades na fonte de alimentação, entradas digitais, entradas rápidas para sensores de chuva e entradas analógicas. Além do software do processador principal foi necessário desenvolver o software do processador integrado ao rádio Lora e também bibliotecas de aplicação em linguagem IEC 61131-3 que permitam utilizar as interfaces Lora e SDI-12.

Com software e hardware desenvolvido foi necessário se pensar na engenharia de produto. O datalogger usou uma solução de mecânica já utilizada em outros produtos da Altus sendo necessário a homologação de um cabo, um conector e uma antena para possibilitar a comunicação Lora. Esta solução pode ser vista na Figura 6.



Figura 6. Datalogger NL717.

Contudo para o gateway foi necessária outra solução. Então foi projetado um gabinete de material plástico que possuísse capacidade para ser instalado ao tempo. Para isso além do gabinete ter características de grau de proteção IP67 a antena utilizada também precisaria atender estes requisitos. O gabinete projetado foi validado com protótipos em impressão 3D e depois produzidas as matrizes que permitiram fazer seu primeiro lote, com correções e posterior lote definitivo. A Figura 7 apresenta do Gateway dentro do gabinete projetado.



Figura 7. Gateway GW700.

Por fim foi iniciado o desenvolvimento do software dos dataloggers e do sistema de hidrologia novo batizado SAHL (Sistema de Acompanhamento Hidrológico da Light). O desenvolvimento do software dos dataloggers iniciou com a implementação da coleta de dados e formatação em arquivo para envio ao sistema de hidrologia. Após isso foi implementada a comunicação usando o protocolo FTP para envio aos servidores. O software SAHL por sua vez começou sua implementação lendo dados gerados pelos dataloggers. Primeiro foi desenvolvido um simulador para gerar esses dados e posteriormente testado com dados gerados pelo datalogger. O SAHL tem um componente que detecta a presença de arquivos nos servidores, valida-os e os diseca para gravação no banco de dados.

O quarto sprint teve como objetivo concluir o desenvolvimento dos produtos incluindo redundâncias, verificações e certificações necessárias assim como realizar integração entre servidores, dataloggers, gateways e os softwares desenvolvidos e validar todos estes elementos através de um teste de aceitação em fábrica. A primeira atividade neste contexto foi a realização dos ensaios de verificação de hardware. Basicamente foram realizados ensaios de compatibilidade eletromagnética e ensaios ambientais. Os primeiros ensaios realizados foram os de Descarga de Eletricidade Estática, ESD. Foram realizados internamente na Altus no laboratório da empresa com um equipamento dedicado a este tipo de teste que visa detectar o quão suscetível os equipamentos estão a este tipo de descarga e qual as modificações necessárias para aumentar a robustez para estas situações. Também foram realizados ensaios de imunidade a surto de tensão, Surge, que visam verificar a capacidade do equipamento em suportar um transiente resultante de uma

descarga atmosférica. Esses ensaios são aplicados em diferentes interfaces dos produtos, como interfaces de comunicação, entradas e alimentação.

Também foram realizados ensaios de emissão conduzida no gateway e no datalogger. Estes foram ensaios de pré-conformidade realizados antes dos ensaios para homologação dos produtos junto a ANATEL. Os ensaios medem se os produtos emitem acima da amplitude permitida no espectro de frequência para a classe do produto. Os ensaios foram cruciais para detectar problemas em algumas frequências principalmente relacionadas a fonte de alimentação. Foram testadas diversas soluções de circuitos de filtros até que se chegou no circuito definitivo que atendeu os níveis dos ensaios. A Figura 9 apresenta um gráfico de emissão de circuito corrigido do datalogger NL717.

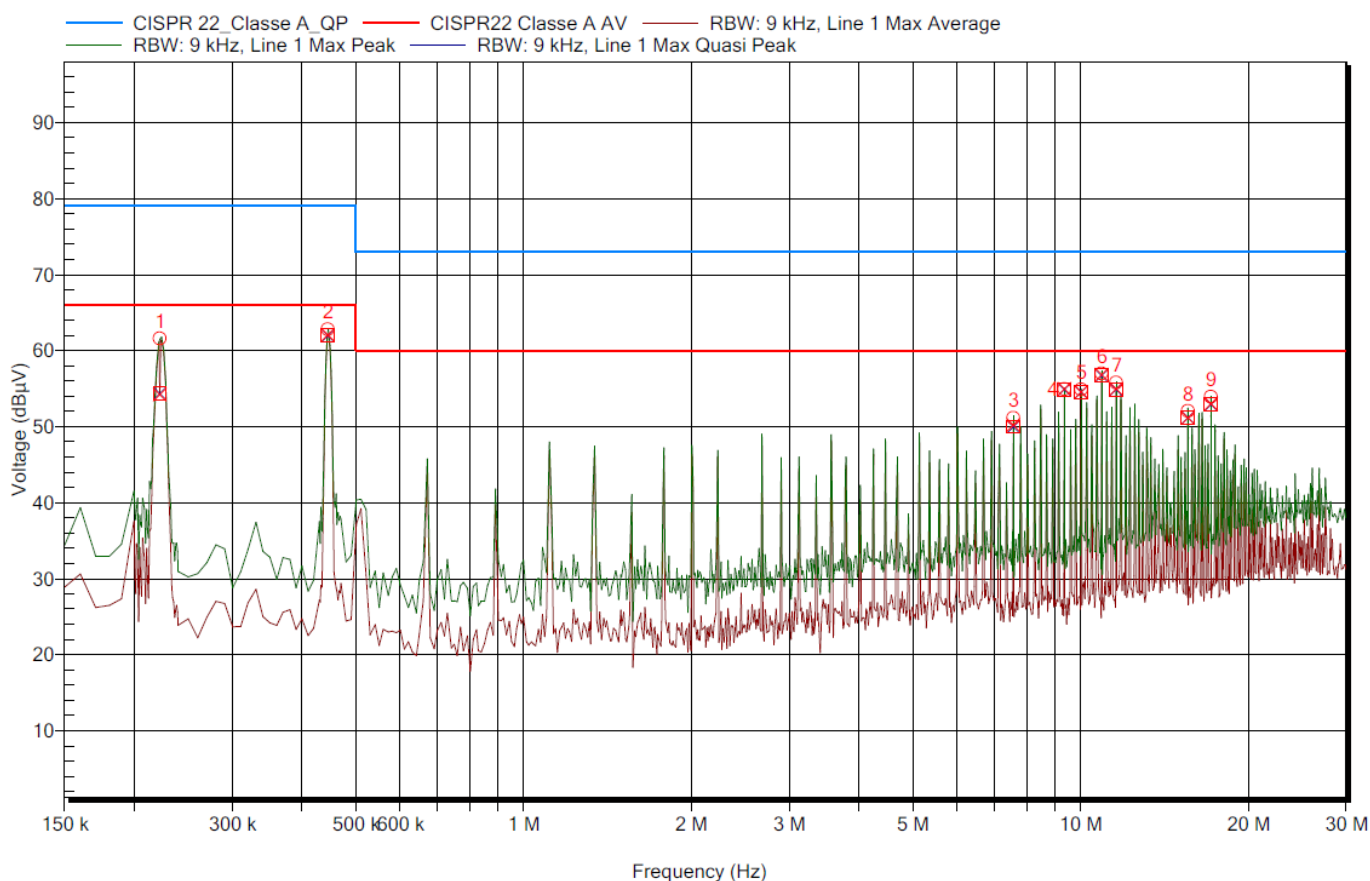


Figura 9. Gráfico de Emissão Conduzida NL717.

Os produtos que utilizam radiofrequência precisam de homologação da ANATEL para operarem. Como os protótipos desenvolvidos ficaram operando na Light foi necessário homologá-los para estar de acordo com a regulamentação. Foi contratada uma empresa certificadora que deu início ao processo. As amostras dos produtos enviados à empresa passaram por testes funcionais. Além disso foram realizados ensaios em que se destacam os testes de emissão radiada. Os produtos foram homologados mediante resultados positivos dos testes funcionais e ensaios de emissão.

Uma vez que foram consolidados os produtos partimos para o desenvolvimento do servidor com os testes integrados na jiga desenvolvida. Foram desenvolvidos testes de inicialização, teste de forno, versão, faixa de alimentação, teste de leds, ajuste de entradas de corrente, calibração de entradas analógicas, verificação de entradas digitais, verificação de entradas analógicas, treshhold de entradas digitais, interface ethernet, interface SDI-12, teste de watchdog, teste de temperatura, gravação de MAC e EUI, rádio Lora e assinatura dos produtos.

Feito isso foi realizada a montagem de uma jiga para os testes de aceitação em fábrica. Foram montados 9 dataloggers com 4 gateways e os 2 modems 4G para os postos que usam comunicação por rede de telefonia móvel.

A plataforma de testes também contou com fonte de alimentação variável. Simulador de entradas analógicas, controlador da Altus para simulação de entradas rápidas e analógicas, simuladores SDI-12 e sensor SDI-12. Com esta plataforma foi finalizada a integração do software de aplicação do NL717. Foram adicionados os códigos IEC 61131-3 para leitura dos sensores SDI-12, leitura de sensor de porta aberta, sensor se chuva, sensor analógico e comunicação Lora. Foi, então, implementada a fila de leituras para comunicação FTP e Lora com o intuito de guardar as informações em caso falha de comunicação.

Por fim, antes da realização do teste de aceitação em fábrica, foram integrados os servidores onde foram instalados o servidor FTP, banco SQL Server, Network Server Chirp Stack e instalada a aplicação do SAHL. As telas de acesso ao SAHL foram finalizadas e embarcadas nos servidores. Foram implementadas, também, as redundâncias dos servidores, dos gateways Lora e redundância de comunicação no datalogger. Foi, então, elaborado um roteiro de testes de aceitação em fábrica que foi validado entre as equipes da Altus e da Light. Foram marcados três dias de teste de aceitação em fábrica na Altus com as equipes das duas empresas e realizados todos os testes e correções ao longo desses dias. Contudo, ocorreram pendências que a equipe da Altus precisou corrigir ao longo dos meses seguintes em especial no que diz respeito a funcionalidades da interface do software de hidrologia e dos mecanismos de redundância. Marcou-se uma segunda rodada de teste de aceitação em fábrica onde a maioria das pendências foi corrigida durante os testes ou depois deles para preparação para instalação em campo.

Sprint #5

No quinto sprint o objetivo foi executar o projeto piloto em campo na Regional Ilha dos Pombos da Light. Essa etapa foi iniciada instalando os servidores na UHE Ilha dos Pombos e preparando a infraestrutura de rede da Light para receber todos os equipamentos. Depois foi realizada a instalação da fibra ótica e gateway Lora como pode ser observada na Figura 10.



Figura 10. Instalação dos GW700.

Após isso foram instalados dentro dos painéis dos postos, que não possuem comunicação por satélite, os dataloggers NL717. Neste momento ainda foi feita a ligação sem conexão aos sensores. Através disso pode ser testada a comunicação com o servidor SAHL, realizar teste de comunicação Lora e com o Modem 4G. Contudo à medida que foi investigado o sistema como um todo foi possível perceber que o formato dos arquivos enviados ao SAHL não era compatível com o sistema legado AMH. Como o objetivo era que estes sistemas fossem executados em paralelo foi necessário se pensar em uma solução para resolver isso. Foram então desenvolvidos scripts executados nos servidores do SAHL. Esses scripts recebem os arquivos dos dataloggers em uma pasta auxiliar. Nesta pasta os scripts avaliam o arquivo recebido convertem o arquivo para o formato do AMH e depois encaminham os arquivos reformatados para o AMH, e os arquivos originais para o sistema do SAHL. Uma vez que estes arquivos foram desenvolvidos e testados foram marcados alguns testes remotos para validação da comunicação paralela dos dois sistemas. Após isso foram marcadas as trocas dos dataloggers legados conectando os sensores aos NL717. Também foi necessária uma configuração específica de rede nos modems 4G para o correto funcionamento da comunicação nos postos que usam essa tecnologia. Por fim foram realizados alguns ajustes na aplicação para funcionamento de dois postos que ficam ligados ao mesmo datalogger e a leitura correta do sensor de chuva assim como o correto funcionamento da leitura de chuva permanecendo retentiva mesmo quando o datalogger é desligado. As Figuras 11 e 12 mostram os sistemas AMH e SAHL respectivamente funcionando com seis postos do projeto piloto implementados.

Legenda						
Dado Bom		Dado Suspeito	Dado Ruim	Dado Não Verificado		
Código	Estação	Data	Chuva		Nível	Vazão
	Nome		Acumulada	Instantânea		
V-1-062	UHE Ilha dos Pombos Barramento	07/12/2023 13:30	1,6	0,0	139,88	---
V-1-068	UHE Ilha dos Pombos Canal de Fuga	07/12/2023 13:30	---	---	105,41	---
V-1-069	UHE Ilha dos Pombos Jusante	07/12/2023 13:30	---	---	104,21	278
V-1-067	UHE Ilha dos Pombos Tomada D'água	07/12/2023 13:30	---	---	139,80	---

Figura 11. Leitura de Dados de Vazão e Nível no AMH.

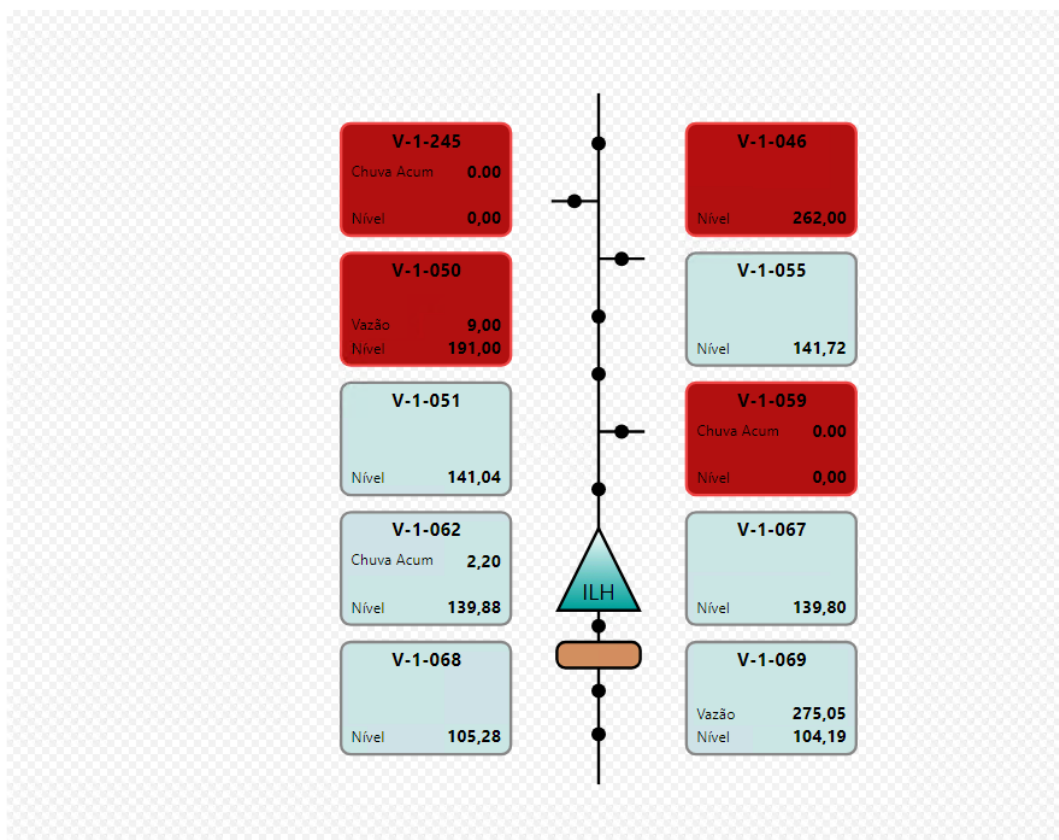


Figura 12. Leitura de Dados de Vazão e Nível no SAHL.

3. Conclusão

Aplicabilidade

É uma solução nacional de monitoração de dados para telemetria na área de hidrologia, importante dentro da Light, devido as usinas hidrelétricas que são operadas por ela. Os protótipos foram testados na Regional de Ilha dos Pombos da Light, sendo responsáveis por coletar dados de sensores de nível e de chuva e outros diagnósticos. Esta solução é economicamente mais atrativa pois, em especial o datalogger, NL7171, é bastante competitivo no mercado, principalmente quando comparado com o CR800. A Light possui ainda outras duas regionais que possuem o mesmo tipo de aplicação se comunicando com o sis-

tema de hidrologia onde pode haver substituição dos equipamentos. Essa substituição trará a vantagem de se ter um equipamento economicamente melhor e com otimização de peças de reposição de outros equipamentos. A mesma solução pode ser utilizada em outras concessionárias do setor elétrico. Também foi desenvolvido um sistema novo de telemetria testado em paralelo ao sistema existente. Este sistema é propriedade da Light podendo ser aplicado em todas as estações das três regionais onde a companhia necessita de medição hidrológica.

Relevância

É fato a relevância para a Light do projeto onde os sistemas de hidrologia são fundamentais para monitoração, controle e operação em bacias hidrográficas associadas a usinas hidrelétricas as quais a companhia opera. Além da Light as outras concessionárias que operam usinas serão beneficiadas pela tecnologia desenvolvida, pois terão acesso a ela via comercialização dos produtos desenvolvidos. O sistema e produtos apresentam diversos diferenciais como interface ethernet embarcada diretamente no datalogger para envio de dados coletados, além de interface Lora integrada. As duas interfaces podem gerar de forma integrada e redundante garantindo que em caso falha de uma, a outra interface continue operando. Também foi desenvolvida uma solução de hidrologia que é propriedade da Light mas tem potencial de ser comercializada com outras empresas do setor elétrico. Para a Altus o desenvolvimento da solução permite a companhia vislumbrar novas áreas de atuação. Se destacam a área de hidrologia, telemetria em geral para uso no setor elétrico como na monitoração ambiental ou aplicação científica em parques eólicos e fazendas de energia solar, e também outras aplicações na área de Internet das Coisas habilitadas pela rede Lora.

Transferência e Difusão Tecnológica dos Resultados do Projeto

O acompanhamento do projeto se deu por reuniões periódicas para sincronização do avanço das atividades e tomadas de decisão. Essas reuniões se realizaram uma vez por mês ao final do mês, de preferência as sextas feiras. Com isso foi possível avaliar potenciais desvios de rota e correções antes de entregas de Sprint. Todos os entregáveis do projeto serviram como insumo destas reuniões e as datas, justificativas de desvios e correções foram avaliadas e registradas na planilha de acompanhamento. Essas reuniões se mantiveram periódicas até a realização de primeiro Teste de aceitação em Fábrica (TAF) em 2022. A partir deste ponto foram substituídas por reuniões para avaliar o andamento e preparação para o TAF e depois para correções deste. Da mesma forma foram retomadas para a realização de uma segunda rodada de TAF, de acompanhamento de correções e planejamento para instalação em campo.

Para dar sequência a transferência e difusão tecnológica foi realizado nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2022 o primeiro teste de aceitação em fábrica na Altus. Os detalhes estão descritos no desenvolvimento deste artigo. Além de testar os produtos e a solução este evento visou difundir os conceitos de uso dos produtos de forma básica e garantir que o entendimento do sistema estava correto. Participaram deste evento equipe de P&D e Integração da Altus responsável pelo desenvolvimento deste P&D e a equipe de hidrologia da Light.

Após o TAF a equipe da Light descreveu uma necessidade de receber um treinamento dos produtos da Altus de forma a entender melhor o uso dos equipamentos. Para isso foi marcado a participação da equipe da Light na Certificação de Integradores Altus – Controladores Programáveis – Série Nexto realizado em 31 de Outubro e 01 de Novembro de 2022.

Como resultado deste primeiro treinamento a Light solicitou que fosse realizado um treinamento mais focado nos produtos desenvolvidos por este projeto. Então foi realizado um treinamento mais focado apenas entre a equipe da Light e equipe interna da Altus. Esse momento correu nos dias 23 e 24 de janeiro de 2023 com a participação de seis profissionais da Light.

Depois deste treinamento que foi bastante esclarecedor foi realizado um segundo teste de aceitação em fábrica. Este teste mais uma vez envolveu equipes de P&D e Integração da Altus e equipe de hidrologia da

Light, ocorrendo nos dias 30 e 31 de janeiro e 01 e 02 de fevereiro de 2023. O foco foi avaliar os conceitos do sistema, testar todas suas funcionalidades e corrigir pendências.

Por fim ao final do mês de fevereiro de 2023 iniciou-se a instalação do sistema em campo e com esta atividade que se estendeu até o 07 dezembro de 2023 houveram muitas trocas de informações sobre o sistema para difusão do conhecimento e da tecnologia.

Razoabilidade de Custos

O custo total previsto para o projeto é de R\$ 2.405.593,16, sendo R\$ 1.554.311,11 referentes a recursos humanos (RH); R\$ 290.598,29, referentes a serviços de terceiros (ST); R\$ 84.330,48 em termos de Material de Consumo (MC) e R\$ 476.353,28 em Materiais e equipamentos (MP). Para cálculo de retorno do projeto foi considerado comercialização de 9 sistemas no primeiro ano após a conclusão do projeto, 18 sistemas no segundo ano e 24 sistemas no terceiro ano. Baseado nestes números, o payback do projeto é de 39 meses, com uma TIR de 3,1269% e um VPL de R\$ 1.319.761,24.

4. Referências bibliográficas

- [1] Laird Connectivity, "Sentrius RG1xx-M2 Concentrator Card," 2021. [Online]. Available: <https://www.lairdconnect.com/documentation/datasheet-sentrius-rg1xx-m2-concentrator-card>.
- [2] Semtech, "SX1301 - WIRELESS & SENSING PRODUCTS," 2016. [Online]. Available: www.semtech.com.
- [3] Microchip, "ATSAMA5D27C," 2019. [Online]. Available: https://ww1.microchip.com/downloads/en/Appnotes/AN_3252-How-to-Use-SAMA5D2-I2C-underLinux-00003252a.pdf.
- [4] Light SA, "Ambiente de Monitoramento Hidrológico Web," Documentação Técnica do Sistema, Curitiba, 2016.
- [5] Light SA, "Manual do Usuário Ambiente de Monitoramento Hidrológicos AMHWeb," Documentação Técnica do Sistema - v 1.0, 2016.
- [6] Light SA, "RELATÓRIO PRELIMINAR DE AVALIAÇÃO DO ATUAL SISTEMA DE TELEMETRIA DA LIGHT ENERGIA S/A COM PROPOSTA PARA MODERNIZAÇÃO," GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO DE USINAS, Rio de Janeiro, 2020.
- [7] Raspberry Pi, "Single-board computer," 2022. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.
- [8] Texas Instruments, "UCC2897A Advanced Current-Mode Active-Clamp PWM Controller," 2020. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc2897a.pdf>.
- [9] Microchip, "SAM R34/R35 Microchip LoRaWAN Stack Software API Reference Manual," 2018. [Online]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/SAM-R34-R35-Microchip-LoRaWAN-Stack-Software-API-Reference-Manual-DS70005382A.pdf>.
- [10] Lora-Alliance, "RP002-1.0.3 LoRaWAN® Regional 40 Parameters," 2021. [Online]. Available: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/05/RP002-1.0.3-FINAL-1.pdf>.
- [11] Light SA, "Planilha "Detalhamento_Postos"," 2021.