

SÃO PAULO TECH SCHOOL

LEANDRO AKIO TAKASHASHI

GABRIEL FURTADO SOARES DE SOUSA

GUSTAVO SOARES DOS SANTOS

RAFAEL ALONSO RODRIGUES

KEYLA THAIS



HYDROSCAN: MONITORAMENTO INTELIGENTE DO VOLUME DE REPRESAS

SÃO PAUL

2025

Contexto:

Atualmente, a informação sobre o volume de água em hidrelétricas e represas é escassa e de suma importância para a gestão inteligente de um dos recursos mais importantes para a sociedade.

Os dados sobre o estado das represas costumam ser analisados anualmente ou divulgados mensalmente, dependendo da situação do sistema avaliado. Devido à escassez de informações, é evidente a falta de preparo no comércio varejista de energia, o que resulta na perda de água e em uma grande oportunidade de crescimento para a indústria de energia hidrelétrica. Esta, por sua vez, é a principal fonte de energia utilizada no Brasil, representando 50,6% de toda a energia consumida no país.



Dentre os vários fatores que compõem a geração de energia nas usinas, um dos mais cruciais é a quantidade de água presente na hidrelétrica. Esse funcionamento varia conforme as estações do ano, em função das chuvas. Por exemplo, os meses de maior pluviosidade resultam em maior volume de água, o que, conseqüentemente, gera mais megawatts de energia mensalmente, como demonstram as fotos comparativas a seguir.

Meses mais chuvosos (dezembro/16 a fevereiro/17)			Meses menos chuvosos (junho/17 a agosto/17)		
	Média de geração de energia	Chuva acumulada		Média vazão afluente	Chuva acumulada
	274,76 megawatt	556 milímetros		263,21 m³/s	32 milímetros

Os conflitos por água no Brasil aumentaram **481%** entre 2005 e 2021, com mais de **80%** dos casos ocorrendo nas regiões **Nordeste, Norte e Sudeste**, conforme levantamento da **Comissão Pastoral da Terra (CPT)**. Este aumento dramático destaca a crescente pressão sobre os recursos hídricos, especialmente em regiões críticas para a produção de energia hidrelétrica. O **HYDROSCAN** surge como uma solução estratégica para mitigar esses conflitos, proporcionando dados precisos sobre o volume de água nas hidrelétricas e garantindo um gerenciamento eficiente e equilibrado dos recursos

Devido à escassez de recursos hídricos durante períodos de seca, as usinas utilizam a técnica de armazenar água nos meses de alta pluviosidade, com o objetivo de manter a geração de energia com eficiência durante os períodos de seca. Portanto, o monitoramento constante do volume disponível na hidrelétrica se torna de extrema importância. Conforme os dados abaixo, observa-se uma queda na geração de energia hidrelétrica, o que evidencia a necessidade de uma administração estratégica dos recursos para manter altos níveis de produção...

Energia Hidrelétrica em GWh

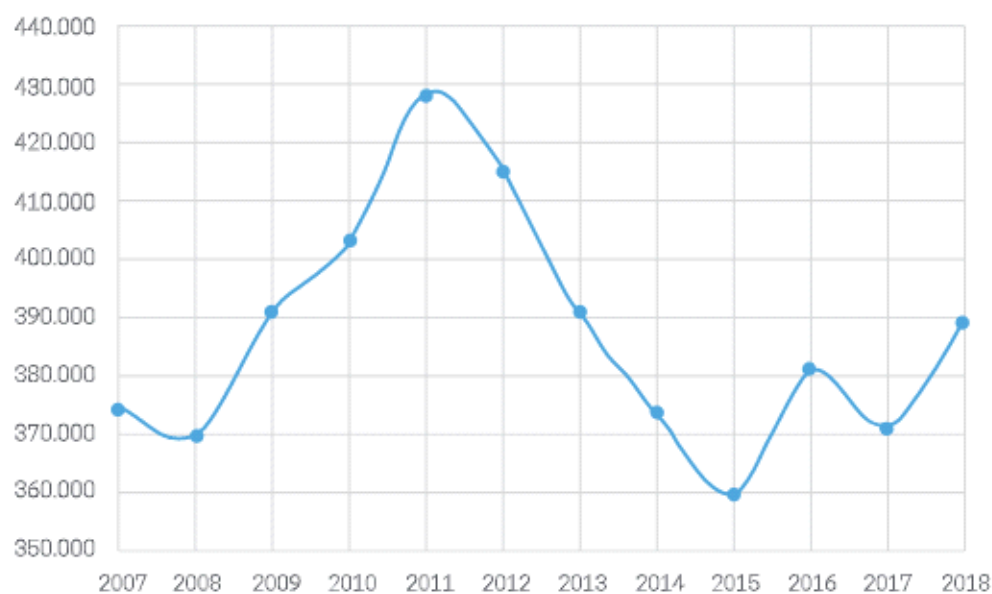


Figura 1- Representação da energia hidrelétrica gerada no Brasil a partir de 2007, em GWh. BEN-EPE 2018.

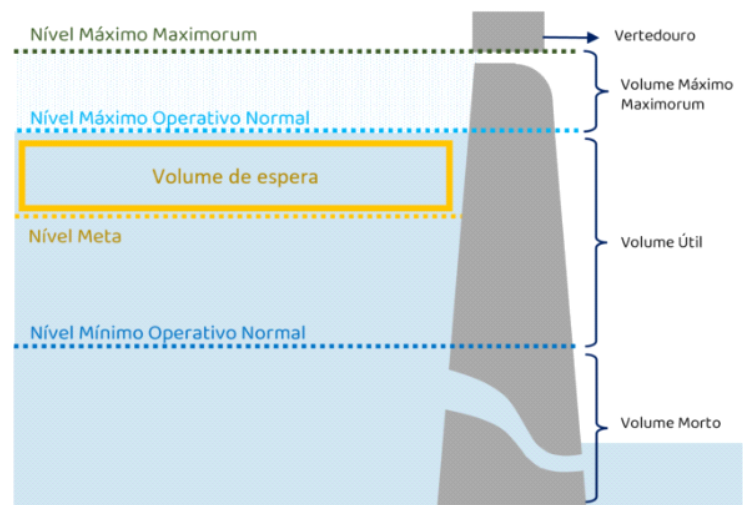
Concomitantemente, o suporte à tomada de decisão baseada em dados é fortalecido, pois as informações precisas sobre o reservatório possibilitam escolhas assertivas quanto à operação e manutenção. Além disso, o sistema facilita a elaboração de relatórios detalhados e a comunicação com autoridades e partes interessadas, assegurando transparência e conformidade com as regulamentações.

“Zona Morta”: A Zona Morta é uma parte fundamental do projeto, pois é necessária para o cálculo preciso do volume da represa. Seu objetivo é minimizar a oscilação da água, mantendo-a o mais estável possível.



A Zona Morta se refere a uma mudança estrutural na represa, onde se cria uma área que impede o movimento da água, permitindo uma medição exata do nível, como exemplificado na imagem acima.

2. Faixas de volumes de um reservatório de regularização



VOLUME ÚTIL: Parte mais relevante para o Setor Elétrico, pois é a faixa capaz de produzir energia, localizando-se entre os níveis mínimo e máximo operacionais normais.

VOLUME MORTO: Região abaixo do nível mínimo operacional normal do reservatório, onde não é possível gerar energia.

VOLUME DE ESPERA: Parte do Volume Útil do reservatório, localizada entre os níveis meta e máximo operacional normal, mantida vazia para acomodar cheias. Este volume é planejado anualmente pelo ONS para alguns reservatórios do SIN durante o período úmido. O controle de cheias é uma atividade necessária para a segurança das barragens e da bacia hidrográfica como um todo. Contudo, essa medida é conflitante com a geração de energia, pois a produção elétrica será maior com níveis de água mais elevados.

VOLUME MÁXIMO MAXIMORUM: O nível máximo atingido pelo reservatório, a partir do qual os vertedouros são abertos para a passagem das cheias. Com o HYDROSCAN, podemos prever a chegada deste nível, aumentando a eficiência da usina, gerando mais lucros e evitando perdas.

A Hidrelétrica Serra da Mesa atingiu 78,88% do volume útil do seu reservatório, um dado que reforça a importância do monitoramento constante dos volumes de água. Isso demonstra como o controle preciso dos reservatórios pode otimizar a produção de energia e garantir uma gestão eficiente dos recursos hídricos. O sistema HYDROSCAN pode fornecer dados mais detalhados e confiáveis sobre o volume útil e o estado dos reservatórios, maximizando a geração de energia.

Objetivo:

O sistema HYDROSCAN permitirá que, a partir da análise de dados coletados durante um ano sobre o nível da água, sejam identificados os meses mais propensos à escassez de chuvas. Com essas previsões, os clientes poderão elaborar planos de contingência mais eficientes visando aumentar a produção de energia em até 15%, garantindo estabilidade operacional mesmo em períodos de estiagem. Essa

abordagem possibilita uma gestão proativa dos recursos hídricos, aumentando a eficiência na geração de energia.

Justificativa:

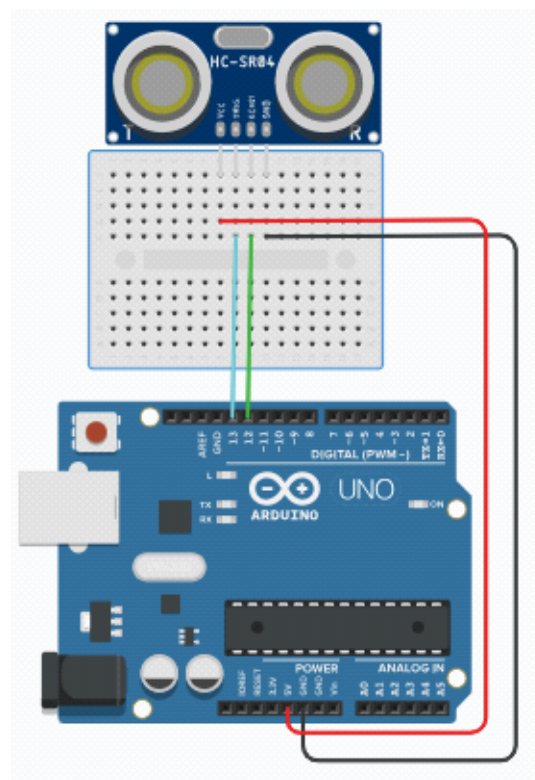
Este projeto surgiu como uma oportunidade proveniente do crescimento do Mercado de Energia no Brasil, visto que não existia um sistema capaz de medir o volume de água em reservatórios de hidrelétricas e prever sua produção. Ao medir o volume disponível, as empresas podem calcular a energia potencialmente gerada, o que facilita uma precificação mais assertiva da energia no mercado varejista. O grupo HYDROSCAN percebeu essa lacuna e decidiu utilizar sensores ultrassônicos para auxiliar as empresas de geração de energia a administrar sua produção de forma mais eficiente. A crise hídrica no Brasil tem afetado gravemente a produção de energia nas hidrelétricas. Com a redução de até 50% na produção de energia devido à seca, a capacidade de gerar eletricidade de fontes hídricas fica comprometida, gerando instabilidade no sistema elétrico.

Um estudo publicado na SciELO destaca que, durante a crise hídrica de 2014, os reservatórios das usinas de Ilha Solteira e Três Irmãos atingiram 0% de seu volume útil a partir de junho daquele ano, comprometendo a geração de energia elétrica e evidenciando a necessidade de dados precisos para o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos.

A distribuição desigual da água no Brasil tem gerado conflitos significativos, com 85% da água consumida concentrada em apenas 10% das bacias hidrográficas. Esses conflitos estão diretamente relacionados à escassez de água e à crescente demanda por energia. O sistema HYDROSCAN pode ajudar a mitigar esses conflitos ao fornecer dados mais precisos sobre a quantidade de água disponível, otimizando a distribuição e o uso de recursos hídricos de forma mais eficaz.

Além disso, a utilização deste sistema traz segurança para os compradores no mercado de energia, pois a produção será visível em um portal online, permitindo decisões mais informadas durante a efetivação dos contratos. A previsibilidade durante a compra é de alta relevância para as hidrelétricas, já que os contratos no Mercado Livre de Energia são feitos para consumidores de eletricidade em alta tensão ou com consumo mínimo de 500 kW, o que implica em uma quantidade significativa de energia envolvida.

Engenharia elétrica do protótipo:



Protótipo inicial do projeto, cujo objetivo é apresentar a ideia do sistema para, posteriormente, desenvolver os dispositivos conforme as necessidades identificadas nos testes e estudos da aplicação.

Escopo:

MIVR-HS (Monitoramento Inteligente do Volume de Represas: HydroScan)

A informação sobre o volume de água em hidrelétricas e represas é escassa e de extrema importância para o monitoramento de represas hidroelétricas, a falta do gerenciamento do controle e coleta dessas informações resulta em uma queda na geração de energia hidrelétrica, ***HYDROSCAN*** é um sensor ultrassônico para coleta armazenamento de dados inteligente, que entra como um agente de monitoramento capaz de coletar e refinar dados evitando calamidades econômicas, tornando possível a automação das represas otimizando seu gasto de recursos. Ponto notório do projeto é que para sua instalação, e para que possa efetuar o armazenamento de dados de forma precisa é necessária uma “Zona Morta”, para inibir o máximo de tremores e oscilações na água que pode afetar no acompanhamento dos dados.

Resultados esperados: é estipulado que em pelo menos um ano a coleta armazenamento de seja capaz de otimizar o controle de recursos em 15%.

Requisitos: Sensores Ultrassônicos capazes de suportar umidade e condições adversas, um servidor para o armazenamento dos dados coletados em um banco de dados e um site conectado ao banco de dados para melhor consulta dessas informações. Juntamente o sistema exige a infraestrutura da “Zona Morta” para apuração de dados de forma precisa.

Limites e exclusões: Um site institucional com os gráficos de nível de água, volume médio mensal e produção média de energia. O cliente será responsável pela manutenção de todo o software e hardware envolvidos no projeto a partir de um ano.

Macro Cronograma: O prazo máximo para a conclusão do projeto está estabelecido para o dia 26 de maio de 2025, um total de 135 dias para ser finalizado, data em que será realizada a entrega final da terceira sprint. O cronograma de entregas do projeto será organizado em três sprints conforme detalhado a seguir:

- **1ª Sprint:** Início e Planejamento - **17 de março de 2025** (34 dias).
- **2ª Sprint:** Desenvolvimento, testes e ajustes - **22 de abril de 2025** (36 dias).
- **3ª Sprint:** Conclusão do Projeto - **26 de maio de 2025** (65 dias).

Recursos necessários: Uma equipe com especialistas tanto em software quanto em hardware e a engenheiro para comportar a “Zona Morta”.

Restrições / Riscos

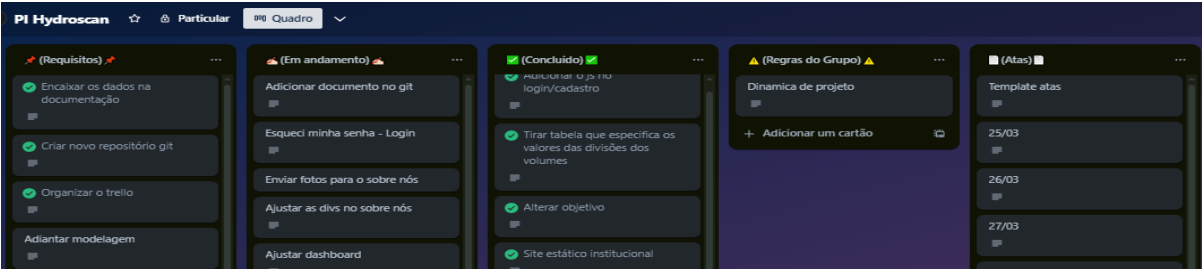
- Os sensores podem ser comprometidos por condições como umidade do ambiente ou problemas climáticos;
OBS: Reaver temas – Sensor em proteção contra umidade****
- Necessidade de um local onde o nível da água se mantenha estável para não haver inconsistência na medição, mas sem comprometer a estrutura ou o volume da represa significativamente (Zona Morta);
- O sistema terá um banco de dados obrigatoriamente em MySQL;

Premissas

- Os sensores serão otimizados e preparados às possíveis alterações climáticas e ambientais;
- Inclusão da “Zona Morta” que se mantenha no nível da represa,
- Um meio de conexão com o banco de dados seja por cabos ou conexão pela nuvem;
- Manutenção do hardware do sistema de todo mês durante um ano para fins de gestão caso ocorram falhas.
- Os dados estruturais devem ser fornecidos pelo cliente (capacidade máxima e mínima, comprimento, altura e largura da represa em metro, potência máxima de geração de energia operando em 100%).
- O sistema HYDROSCAN utilizará dados da capacidade de armazenamento de reservatórios, com base em informações do SNIRH, que podem incluir volumes superiores a 18 bilhões de metros cúbicos. Isso garantirá que os sensores sejam calibrados adequadamente para medições precisas.

Backlog Trello

O gerenciamento das tarefas do projeto será feito através da plataforma Trello, utilizando uma abordagem baseada em Sprints conforme os princípios do Scrum. O quadro de tarefas é dividido em colunas como: "Backlog", "A Fazer", "Em Andamento", "Testes" e "Concluído". Cada atividade está categorizada por prioridade e fase do projeto, com datas estimadas de entrega e responsáveis definidos.



Backlog Excel

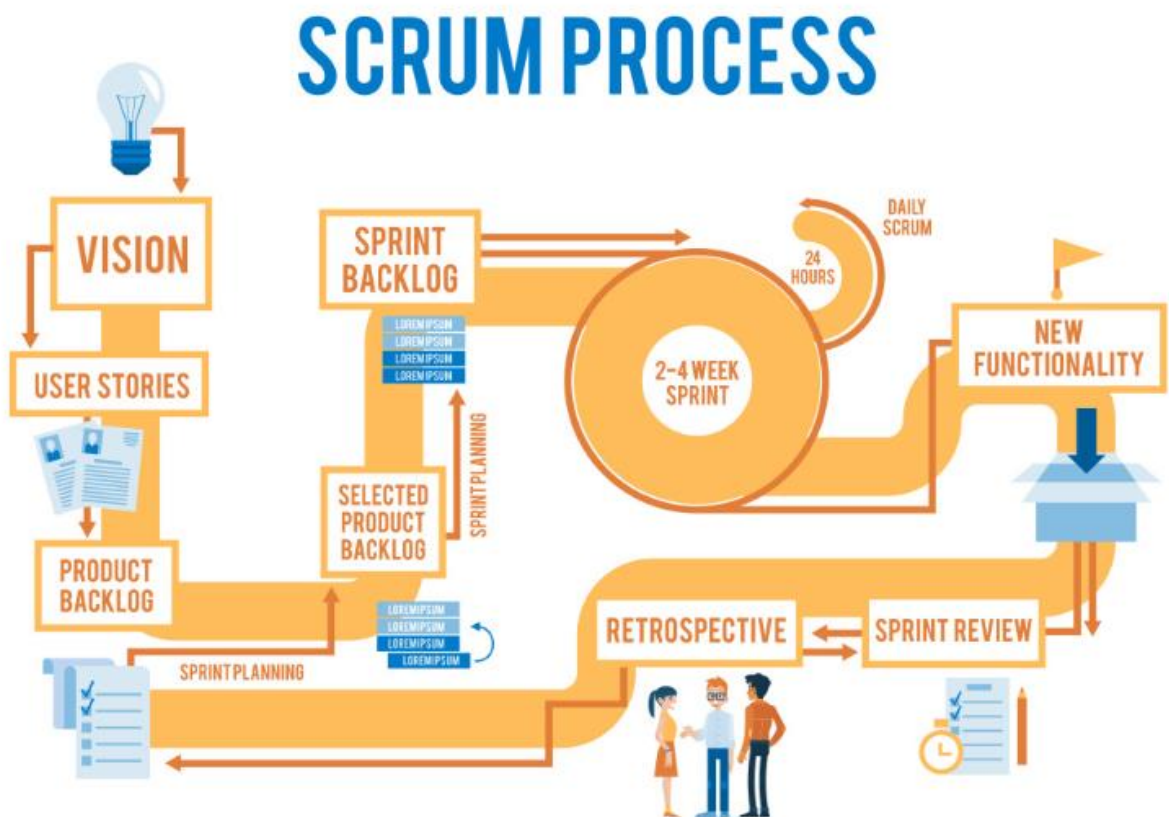
Como apoio ao Trello, foi desenvolvido também um backlog no Excel, contendo uma visão detalhada das tarefas com as seguintes colunas: ID da Tarefa, Descrição, Responsável, Sprint, Status, Prioridade, e Data de Conclusão. Essa planilha serve como alternativa offline e facilita a geração de relatórios para acompanhamento gerencial.

HYDROSCAN - BACKLOG						
Requisito	Descrição	Classificação	Tamanho	Tamanho (N)	Prioridade	Sprint
Análise e Desenvolvimento	Implementação do sensor para estabilizar o nível da água e permitir medições precisas.	Essencial	P	5	1	Sprint.3
Dashboard	Criação de dashboards para monitoramento de níveis de água, volume mensal e produção de energia.	Importante	M	8	2	Sprint.2
Diagrama	Diagrama de negocio	Importante	P	5	1	Sprint.1
Diagrama	Diagrama de solução	Importante	M	8	1	Sprint.2
Documentação	Documentação do projeto	Essencial	G	13	1	Sprint.1
Ferramenta	Oracle VirtualBox (VM) para inclusão do projeto em uma máquina virtual.	Essencial	P	5	1	Sprint.2
Ferramenta - 2	MySQL Workbench para gestão do Banco de dados / Testes de integridade e confiabilidade de dados.	Essencial	M	8	1	Sprint.1
Ferramenta - 3	Arduino IDE - Software para coletar as informações do sensor utilizado no projeto.	Essencial	PP	3	1	Sprint.1
Ferramenta - 4	Visual StudioCode - Para fins de criação do Site	Importante	P	5	1	Sprint.2
Ferramenta - 5	GitHub - Armazenamento de informações do Projeto	Importante	M	8	1	Sprint.1
Ferramenta - 6	Trello - Realização de continuidade do projeto por metodologia Kanban	Importante	P	5	1	Sprint.1
Integração de Ferramentas	Programação para coleta automática dos dados pelo sensor.	Importante	G	13	1	Sprint.3
Logo	Criação do logo empresarial da marca HYDROSCAN	Importante	P	5	2	Sprint.1
Protótipo do site	Apresentação do protótipo (foto) - Firma	Desajível	M	8	1	Sprint.1
Sensor	Ultrassônico: Medição de distância.	Essencial	P	5	2	Sprint.1
Simulador Financeiro	Calculadora financeira	Essencial	G	13	2	Sprint.1
Site	Tela de "Cadastro de usuário" Página de redirecionamento para cadastro de usuário	Essencial	M	8	1	Sprint.2
Site	Opção de "esqueci minha senha" Página de redirecionamento para recuperação de senha do usuário	Importante	M	8	3	Sprint.2
Site	Calculadora financeira em HTML e funcional	Essencial	M	8	2	Sprint.2
Site	Gráficos interativos com a calculadora financeira	Desajível	G	13	3	Sprint.2
Site	No cabeçalho da pagina - informações de contato da empresa, informações de quem somos e nossos serviços	Desajível	M	8	1	Sprint.2
Site	Botões de interação	Importante	P	5	1	Sprint.2
Site	Pop-up de resultado de calculo - interativo	Desajível	M	8	1	Sprint.2
Site	Site predominante nas cores: Branco / Azul / Cinza Claro	Essencial	PP	3	1	Sprint.2
Site	Tela de interação para redirecionamento para mais informações de orçamento e calculadora financeira	Importante	M	8	1	Sprint.2
Site estático	Apresentação do site estático - HTML	Essencial	G	13	1	Sprint.2
Site funcional	Desenvolvimento do portal web para visualização dos dados em tempo real.	Importante	GG	21	1	Sprint.3
Site funcional	Implementação de gráficos e relatórios de fácil acesso para partes interessadas.	Importante	M	8	2	Sprint.2
Taboelas	Taboelas com dados na ferramenta Mysql Workbench	Essencial	M	8	2	Sprint.1
Documentação-2	Documentação do projeto	Essencial	M	8	1	Sprint.2
Documentação-3	Documentação do projeto	Essencial	M	8	2	Sprint.3
Fluxograma do suporte		Essencial	M	8	1	Sprint.3
Ferramenta Help Desk		Essencial	M	8	1	Sprint.3
Documento de Mudança		Essencial	M	8	1	Sprint.3

TOTAL	276
Sprint.1	81
Sprint.2	124
Sprint.3	71
Média	82

Metodologia Praticada (Scrum)

A metodologia ágil escolhida para a condução do projeto foi o Scrum, que permite uma abordagem iterativa e incremental. O projeto foi dividido em três Sprints, cada uma com duração e objetivos definidos. Ao final de cada Sprint, serão realizadas reuniões de revisão e retrospectiva para análise de resultados, identificação de melhorias e planejamento das próximas etapas. A equipe conta com os papéis de Product Owner, Scrum Master e Time de Desenvolvimento bem definidos, garantindo fluidez e organização nas entregas



Matriz de Planejamento 5W2H

A matriz 5W2H foi utilizada como ferramenta de planejamento estratégico do projeto HYDROSCAN. Nela, foram definidos:

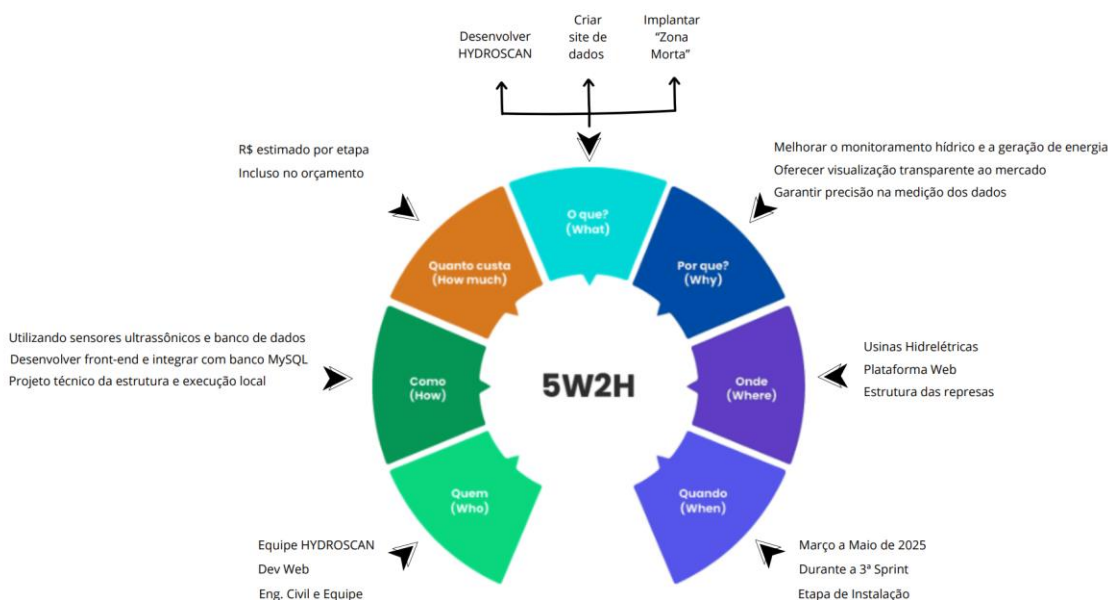


Diagrama de Negócio

O Diagrama de Negócio segue os padrões BPMN (Business Process Model and Notation) e descreve o fluxo operacional desde a captação dos dados via sensores, passando pelo envio ao banco de dados, até a análise e exibição dos dados no sistema web. O diagrama também representa os principais stakeholders: Operador da Usina, Sistema HYDROSCAN, ONS (Operador Nacional do Sistema) e os consumidores do Mercado Livre de Energia.

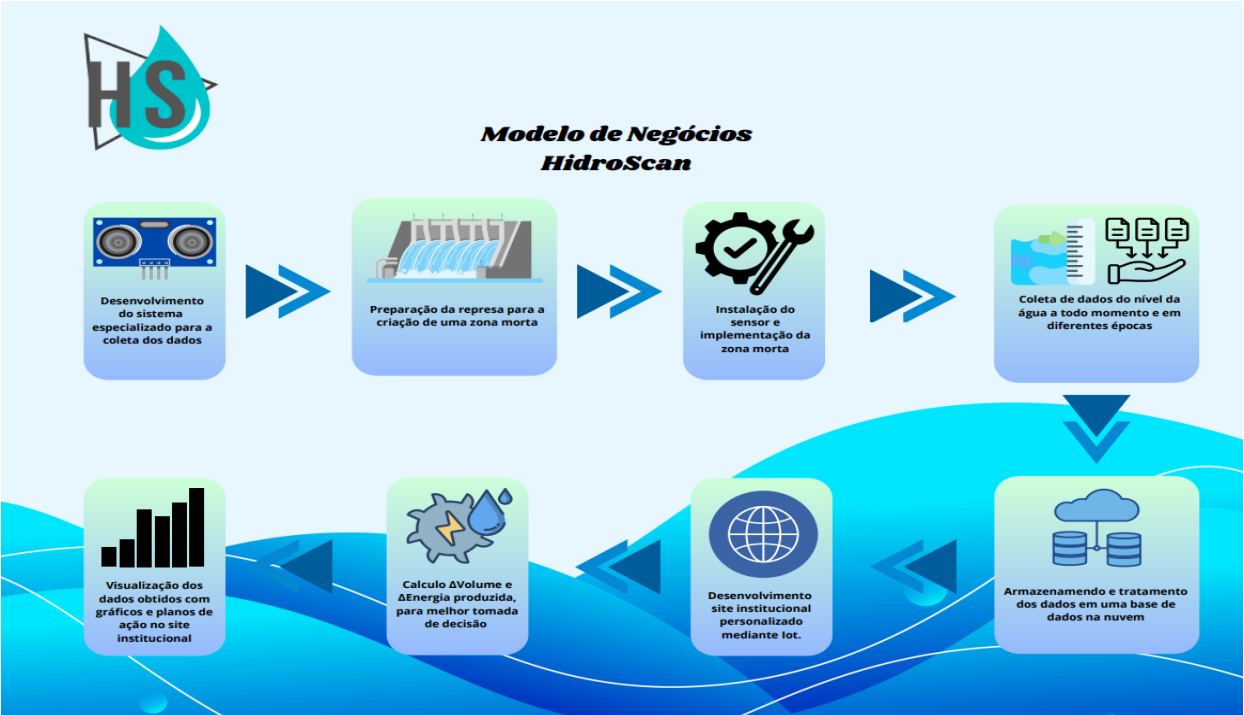
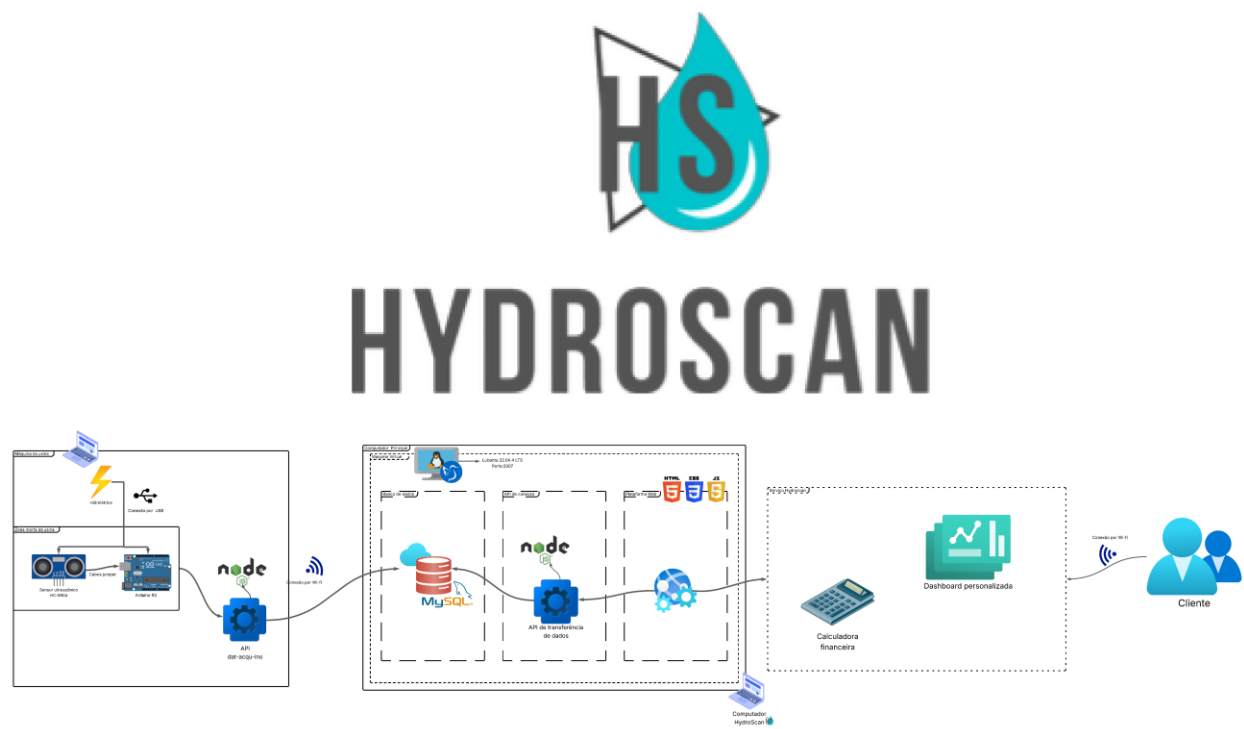


Diagrama de Solução Técnica (TI)

A solução técnica do HYDROSCAN é composta por três camadas principais:



Considerações Relevantes

O projeto HYDROSCAN propõe uma inovação tecnológica no setor de energia ao integrar monitoramento hídrico com previsão e análise de dados em tempo real. A solução oferece ganhos operacionais significativos para empresas geradoras de energia e contribui para a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos. Além disso, representa um avanço na transparência das informações, fator essencial para o crescimento e a confiabilidade do Mercado Livre de Energia no Brasil. O sucesso do projeto poderá abrir portas para sua replicação em outras regiões e países com desafios similares.

Partes interessadas

As partes interessadas no projeto de otimização de geradores por meio de sensores de temperatura e umidade são as seguintes:

- **Eletrobras** – Responsável por diversas hidrelétricas no Brasil, incluindo Belo Monte e Tucuruí.
- **Tractebel Energia** – Operadora de usinas como Jupia e Ilha Solteira.
- **Cemig** – Detentora de hidrelétricas como Furnas.
- **Engie Brasil Energia** – Com usinas como Estreito e Ribeirão das Lages.
- **Copel** – Responsável por usinas como Segredo.
- **Eletrosul** – Operadora da usina Foz do Chapecó.

Essas empresas são importantes para o sucesso do projeto, e garantem a implementação eficaz da solução proposta nas usinas hidrelétricas.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, A. L. de; MONTEIRO, A. M.; MENEZES, L. M. (2012). Gestão de recursos hídricos no setor elétrico brasileiro: A experiência das usinas hidrelétricas. Editora da Universidade de São Paulo.

A otimização da geração de energia elétrica em hidrelétricas brasileiras por meio do monitoramento de reservatórios", de BARROS, R. A.; COSTA, F. G.; LIMA, A. L. (2016), publicado na **Revista Brasileira de Energia**

Tecnologias para medição e controle de reservatórios em usinas hidrelétricas", de COSTA, M. A. e SILVA, P. A. (2018), publicado na **Revista Brasileira de Engenharia Elétrica**

Monitoramento e gestão de recursos hídricos: Tecnologias e práticas para o uso sustentável da água nas hidrelétricas", publicado pela **EMBRAPA** (2015)

A importância da 'Zona Morta' nas usinas hidrelétricas: O impacto no monitoramento e

controle da produção de energia", de JUNIOR, J. F. e MOREIRA, T. D. (2017), publicado na **Revista Estudos de Engenharia Hidrelétrica**

UOL. (2023). Por que, mesmo com abundância de reservas, o Brasil tem conflitos pela água? *Ecoa*. Recuperado da [Fonte: UOL - Por que, mesmo com abundância de reservas, o Brasil tem conflitos pela água?](#)

SCOLARI, J. A. (2020). Impactos da crise hídrica de 2014 nas usinas de Ilha Solteira e Três Irmãos. *SciELO*. Recuperado da [Fonte: SciELO - Impactos da crise hídrica de 2014 nas usinas de Ilha Solteira e Três Irmãos](#)

O GLOBO. (2024). Seca já afeta produção de hidrelétricas brasileiras e pode forçar mudança em modelo. *O Globo*. Recuperado de [Fonte: O Globo - Seca já afeta produção de hidrelétricas brasileiras e pode forçar mudança em modelo](#)

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. (2020). Dados geoespaciais sobre volume de água nos reservatórios. Recuperado de [Fonte: SNIRH - Geonetwork](#)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. (2024). Hidrelétrica Serra da Mesa bate recorde e atinge 78,88% do volume útil do reservatório. Recuperado de [Fonte: MME - Hidrelétrica Serra da Mesa bate recorde e atinge 78,88% do volume útil do reservatório](#)

MOVIMENTO DOS Atingidos por Barragens. (2024). Barragens de hidrelétricas estão marcadas por falhas de segurança. *MAB - Movimento dos Atingidos por Barragens*. Recuperado de [Fonte: MAB - Barragens de hidrelétricas estão marcadas por falhas de segurança](#)