

# **APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO ENERGIA ELÉTRICA E ANÁLISE DE TARIFA BRANCA EM RESIDÊNCIA**



## **Projeto CATALAN**

**(Coimbra Adrisson Toso Alynne Lucas AlexaNdre)**

Preparado pelo Grupo 1  
para o curso de HID-65

Componentes do Grupo:

- 1 Adrisson Samersla
- 2 Alexandre Raulik
- 3 Alynne Alencar
- 4 Felipe Coimbra
- 5 Gianluigi Dal Toso
- 6 Lucas Alberto Bilobran Lema

## ÍNDICE

1	Resumo	1
2	Termos e definições	1
3	Contexto tecnológico	1
4	Justificativa de sustentabilidade	1
5	Análise de stakeholders	1
6	Missão do Projeto	2
6.1	Declaração de missão do projeto	2
6.2	Definição dos objetivos do projeto e restrições	2
6.3	Necessidades do projeto e requisitos básicos	2
6.4	Conceitos de operações do projeto	2
6.5	Principais direcionadores do sistema (projeto)	3
6.6	Caracterização dos conceitos de missão e arquiteturas	3
6.7	Requisitos críticos	3
6.8	Utilidade do projeto – Medidas de eficácia	3
6.9	Requisitos de sistema	4
6.10	Alocação dos requisitos aos elementos do sistema	4
7	Análise de riscos	4
8	Conclusões	4
9	Acrônimos e siglas	4
10	Referências	5



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relações entre os principais elementos do projeto.....	8
Figura 2: Página da aplicação web exibindo o gráfico do consumo de energia em função das horas do eletrodoméstico geladeira.....	9



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de Stakeholders.....	4
Tabela 2: Direcionadores do sistema.....	8
Tabela 3: Requisitos de sistema.....	10
Tabela 4: Alocação dos requisitos dos elementos do sistema.....	11
Tabela 5: Análise de risco.....	12
Tabela 6: Acrônimos e siglas. ....	14



## 1 RESUMO

O projeto propõe a criação de um serviço virtual integrado em nuvem que seja capaz de adquirir e processar dados de consumo de energia elétrica em um domicílio residencial e dispor esses dados em uma interface amigável, possivelmente somado à produção de estatísticas.

O objetivo é que o serviço atue como uma ferramenta para que consumidores possam estudar possíveis benefícios da adoção da Tarifa Branca de consumo de energia elétrica.

Para isso, o grupo atuou em parceria com o projeto Habitas, projetando o sistema tendo em vista as instalações reais de uma casa sustentável e criando uma prova de conceito a partir de dados reais de consumo de energia.

## 2 TERMOS E DEFINIÇÕES

**Software:** Componente virtual de um serviço computacional que abrange a funcionalidade e o modo de operar desse serviço.

**Serviço de Nuvem:** Serviço de fornecimento e manutenção de infraestrutura computacional remota e pública.

**Interface de Usuário:** Mecanismo visual de disposição de informações e de interação pelo usuário.

**API:** Interface de Aplicação Programável, canal que determina o que e como é recebido ou enviado entre aplicações de *software*.

**Tarifa Branca:** Modelo tarifário com diferentes valores de preço a depender do horário em que a energia está sendo utilizada.

## 3 CONTEXTO TECNOLÓGICO

Por conta de as pessoas seguirem em geral uma rotina semelhante nas grandes cidades, há momentos do dia em que ocorre um maior consumo de energia

elétrica pela população. Isso é tão comum que o momento em que esse maior gasto ocorre tem nome: horário de pico, ou horário de ponta.

Ele geralmente ocorre entre 18h e 21h, e nesse momento as concessionárias precisam fornecer uma maior quantidade de energia para suprir a demanda de consumo tanto das famílias que chegaram em casa, ligaram as luzes, tomaram banho e colocaram seus eletrodomésticos para funcionar quanto das indústrias e comércio.

Por conta desse consumo concentrado, as concessionárias são obrigadas a desenvolver uma infraestrutura capaz de aguentar tal consumo, além de serem obrigadas, em determinados períodos do ano, a gastarem com outras fontes de energia - geralmente não sustentáveis - para suprir o consumo. Essa maior demanda faz com que o preço cobrado pela energia nesse período seja mais caro, e é por conta disso que várias indústrias acabam tentando reduzir o consumo nesses horários.

Com o intuito de incentivar e conscientizar a população sobre a questão do horário de pico, a Tarifa Branca foi criada. Ela é uma opção tarifária que oferta a energia por diferentes preços, a depender da hora do dia. Assim, para um consumidor que se propõe a utilizar menos a rede elétrica em horários em que existem os picos - momentos em que a tarifa é mais cara - e mais em momentos fora de ponta, a conta de luz fica mais barata, além de esse uso proporcionar um menor congestionamento nos serviços das concessionárias de energia - o que acaba beneficiando a todos.

Dessa forma, a Tarifa Branca surgiu para melhor adequar o preço cobrado pela energia em função de sua demanda. E essa estratégia faz sentido economicamente pelo fato de a dinamização do preço ajudar a naturalmente dar uma maior percepção ao consumidor do produto comprado e ajuda a ajustar a maior demanda em horários competitivos.

Infelizmente a adesão da Tarifa Branca pela população não é muito grande, e os motivos para isso são tanto o fato de não haver tanta divulgação de sua existência quanto pelo fato de ela não necessariamente ser mais vantajosa para determinados usuários. De fato, por existirem diferentes preços para diferentes horários de uso da energia, a conta pode até ficar mais cara dependendo da necessidade de cada pessoa.

Por conta disso, uma das formas que faria com que mais pessoas adotassem a Tarifa Branca e assim ajudassem a descongestionar o horário de pico seria se elas pudessem ter um maior controle sobre quando exatamente elas realmente precisam fazer o uso da energia. E é nesse contexto e com esse intuito de conseguir fornecer um melhor monitoramento do consumo de energia para cada usuário que o projeto está inserido. Medir, estimar consumo e comparar preço entre as diversas possíveis tarifas cobradas é essencial para que alguém possa tomar a decisão sobre como melhor utilizar a rede elétrica.

#### **4 JUSTIFICATIVA DE SUSTENTABILIDADE**

O consumo consciente de energia elétrica, no sentido de evitar gastos desnecessários e reduzir os picos de demanda, é essencial para um desenvolvimento sustentável. A matriz elétrica brasileira em 2020 apresentou, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), uma composição 83% advinda de fontes renováveis. No entanto, o impacto ambiental produzido pela instalação e manutenção de usinas hidrelétricas - que contribuem com 65,2% da matriz - é significativo. O alagamento de grandes áreas que geralmente abrigavam muitas espécies vegetais gera redução da biodiversidade, alteração de fatores climáticos como o regime de chuvas, umidade e temperatura da região e também a liberação de bolhas de metano, gás do efeito estufa, originadas do apodrecimento de árvores e plantas submersas. Além do impacto ambiental direto, em períodos de seca no Brasil, faz-se necessária a ativação de usinas termelétricas para suprir a demanda de energia, o que também resulta na emissão de gases do efeito estufa.

A redução de gastos desnecessários e a diminuição dos picos de consumo, são, dessa forma, ambientalmente benéficas, uma vez que reduzem a demanda pela construção de mais estações de geração de energia. Com a proposta de fornecer um meio de acompanhamento do consumo de cada componente elétrico em função do tempo e de sugerir o emprego da tarifa branca quando for vantajoso para o consumidor, o projeto proporciona ao usuário informações relevantes para que o consumo seja mais eficiente e ocorra, de preferência, em horários diferentes dos de pico. Dessa maneira, o planejamento de consumo ocorre de forma mais direta e

torna-se mais fácil, para o consumidor, direcionar o emprego da energia elétrica na residência a um perfil mais econômico e sustentável.

## 5 ANÁLISE DE STAKEHOLDERS

ID	Stakeholder	Interesse	Poder de influenciar				Ação
			0	1	2	3	
STK01	Fornecedor de sensor	Venda de insumo				X	- Avaliar alternativas - Buscar parceria
STK02	Fornecedor de hardware	Venda de insumo			X		- Avaliar alternativas - Focar em durabilidade
STK03	Provedor de Nuvem	Venda do serviço	X				- Simular a mais barata.
STK04 a	Clientes	Compra do produto		X			- Manter cliente interessado - Ampliar a base de clientes ouvindo suas necessidades
STK04 b	Clientes	Manutenção			X		- Desenvolver canal eficiente de comunicação - Capacitar toda a equipe para lidar com o problema
STK05	Companhias de Energia	Venda de Energia		X			- Influenciados negativamente pela possibilidade de redução de consumo de energia - Manter uma boa imagem midiática



STK06	Governo (MME, ANEL, ONS, etc.)	Redução de Custos com Infraestrutu ra				X	- Regula a matriz energética de uma localidade - Consegue incentivar adoção pelo cliente - Buscar investimentos e subsídios
-------	--------------------------------------	--	--	--	--	---	--

Tabela 1. Análise dos Stakeholders..

0- Não tem poder de influenciar

1- Pode influenciar/afetar o projeto/produto fracamente

2- Pode influenciar/afetar o projeto/produto moderadamente

3- Pode influenciar/afetar o projeto/produto fortemente

## 6 MISSÃO DO PROJETO

### 6.1 Declaração de missão do projeto

A missão do projeto é auxiliar e incentivar consumidores da rede elétrica a monitorarem e controlarem melhor seu consumo de energia, assim auxiliando a descarregar a infraestrutura de distribuição de energia local, por meio da combinação da aquisição de dados de consumo de energia elétrica no domicílio residencial, processamento desses dados e extração de informações relevantes para o usuário e sua consulta de maneira oportuna e atraente.

### 6.2 Definição dos objetivos do projeto e restrições

Os objetivos que o projeto almejou alcançar foram:

1. Possibilitar a transferência dos valores do consumo elétrico por unidade de tempo de cada dispositivo da residência para o servidor local;
2. Possibilitar a transferência dos valores do consumo elétrico por unidade de tempo de cada dispositivo da residência, obtidos do painel da casa Habitas - servidor local -, para os bancos de dados em nuvem;
3. Criar um algoritmo para processar os dados armazenados nos bancos de dados a fim de:

- a. organizar o consumo de cada eletrodoméstico e o consumo total ao longo do tempo em forma de curva de consumo;
  - b. disponibilizar valores de gasto total com energia a partir das tarifas de energia normal e branca.
4. Disponibilizar os dados processados em uma interface gráfica *web*, a qual disponibilizará tanto o consumo separado de cada eletrodoméstico quanto o consumo total da casa ao longo do tempo.

As restrições identificadas, por sua vez, são:

1. Integração entre os sensores e a interface do servidor *web* local para o armazenamento dos dados. A proposta é que se faça uma integração mais geral possível, no entanto, devido às diferenças entre os protocolos dos sensores, haverá limitação na generalidade do protocolo API projetado.
2. A casa deve possuir conexão com a internet e deve possuir os sensores utilizados no projeto Habitas;
3. O limite de tempo para finalizar o projeto restringe a quantidade de horas a serem gastas pela equipe de desenvolvimento no projeto;
4. O custo deverá cobrir a manutenção e a hospedagem do servidor e é estimado como sendo abaixo dos 10 reais mensais.
5. Os cálculos de gasto totais de energia dependem da correta calibração dos sensores.

### 6.3 Necessidades do projeto e requisitos básicos

Para que o projeto funcione, é necessário que:

- Os valores das tarifas branca e normal estejam atualizadas e em concordância com os valores cobrados pelas concessionárias de energia.
- A conexão de internet deve ser tal que o servidor local, o qual é responsável por integrar os dados dos sensores, consiga se comunicar diariamente com o servidor hospedado em nuvem a fim garantir que as informações sejam salvas nos bancos de dados. Isso é necessário dado que o armazenamento do servidor local é, de forma geral, limitado;

- O servidor em nuvem deve possuir capacidade de processamento suficiente para atender às demandas de todos os clientes. Isto é, consiga processar e atender a todas as requisições *web* e as feitas pelos servidores locais;
- O servidor local deve ser capaz de receber os dados dos sensores via protocolo [MQTT](#).

#### 6.4 Conceitos de operações do projeto

Os sensores devem estar conectados tanto ao servidor local quanto ao eletrodoméstico; de forma que, por meio do protocolo MQTT, eles consigam transmitir os dados de consumo de energia (Figura 1).

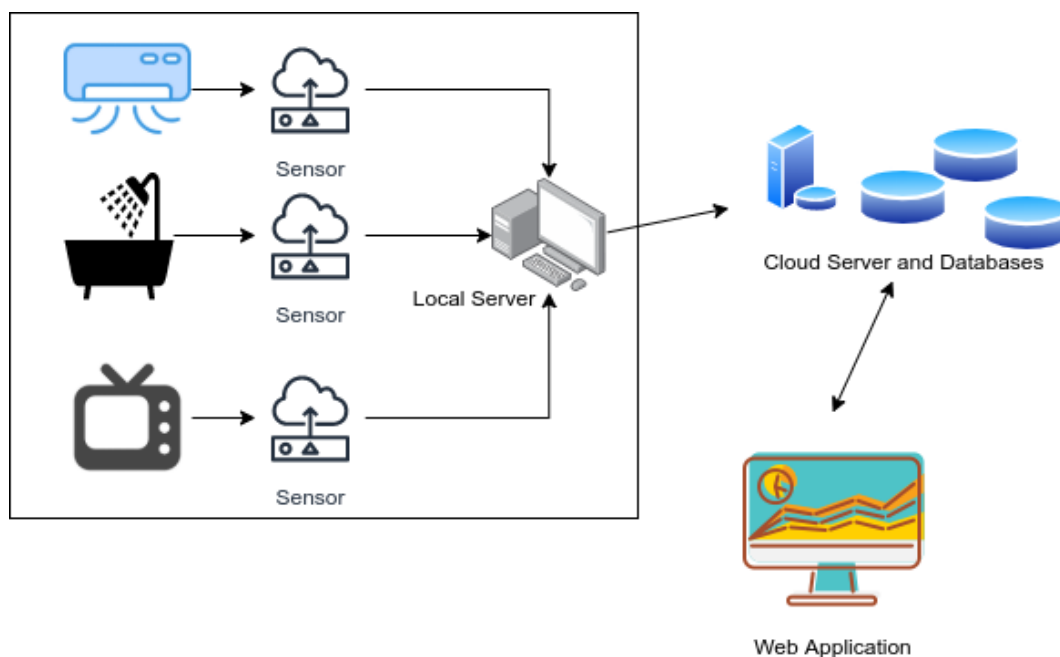


Figura 1. Relações entre os principais elementos do projeto: sensores medindo o consumo dos eletrodomésticos; servidor local recebendo dados dos sensores e transmitindo-os para o servidor em nuvem; servidor em nuvem processando os dados recebidos dos servidores locais e disponibilizando-os em uma página *web*.

O Servidor local, por sua vez, deve ser capaz de interpretar as chamadas MQTT feitas pelos sensores e salvar os dados em um *cache* local - a fim de garantir a integridade da informação no caso de falta de *internet*. Além disso, o pré-processamento dos dados - conversão de unidades de energia dos valores de

cada sensor, organização das requisições entre o sistema local e em nuvem - é responsabilidade do servidor local, e isso é feito a fim de minimizar o processamento feito pelo servidor em nuvem.

Com os pacotes de informações sendo enviadas do servidor local para o servidor em nuvem diariamente, o servidor em nuvem é responsável por integrar os novos dados com as informações já armazenadas nos bancos de dados de atualizar os gráficos de consumo de cada eletrodoméstico com o intuito de disponibilizar o valor da conta de energia utilizando as duas diferentes tarifas (branca e normal) na aplicação *web*, como mostra a Figura 2.

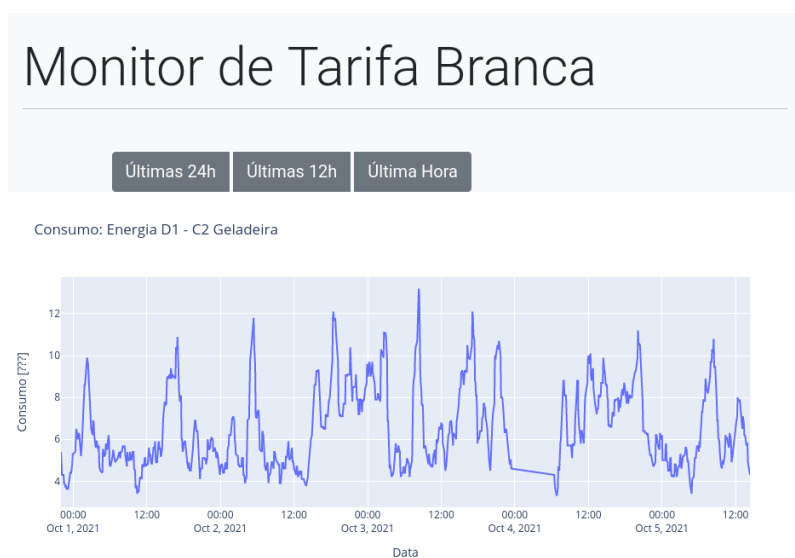


Figura 2. Página da aplicação *web* exibindo o gráfico do consumo de energia em função das horas do eletrodoméstico geladeira.

## 6.5 Principais direcionadores do sistema (projeto)

ID	DRIVER
DD1	O software de processamento dos dados deve ser implementado e verificado até o dia 21/11/2021.
DD2	A interface gráfica contendo as curvas de consumo deve ser deve ser implementada e verificada até o dia 21/11/2021.
DD3	A integração com os sensores do projeto Habitas e o teste com dados reais deve ser feito até o dia 28/11/2021.

Tabela 2. Direcionamentos do sistema.

## 6.6 Caracterização dos conceitos de missão e arquiteturas

O servidor local é o responsável pela comunicação entre os sensores e o servidor em nuvem, como descrito na seção 6.4. Sendo assim, é desejável que a implementação de suas chamadas seja genérica o suficiente a ponto de garantir a integração entre ele e os diversos sensores utilizados na medição do consumo de cada eletrodoméstico.

Ao coletar dados, o servidor local salva em um *buffer* interno por um período temporário. Ao atingir um limite de tempo ou a capacidade máxima do *buffer*, os dados são enviados para um servidor na nuvem. Se não há conexão com a internet, os dados do *buffer* são mantidos até que a conexão seja restabelecida. Se nesse período mais dados são coletados sem que haja mais espaço no *buffer*, os dados mais antigos são descartados em função dos dados recém chegados.

O servidor da nuvem ao receber a coleta do servidor local, guarda-os em um banco de dados. A aplicação que dispõe os dados do cliente se conecta a esse banco de dados para recolher amostras para visualização.

O usuário do serviço acessa a aplicação por um navegador, utilizando o nome de domínio padrão da aplicação. Ao entrar no portal, gráficos são disponibilizados na tela já com a conversão de unidades de energia para gastos pela Tarifa Branca.

## 6.7 Requisitos críticos

Para que o projeto funcione, é essencial que:

- Os valores das tarifas branca e normal estejam atualizadas e em concordância com os valores cobrados pelas concessionárias de energia.
- A conexão de internet deve ser tal que o servidor local, o qual é responsável por integrar os dados dos sensores, consiga se comunicar diariamente com o servidor hospedado em nuvem a fim garantir que as informações sejam salvas nos bancos de dados. Isso é necessário dado que o armazenamento do servidor local é, de forma geral, limitado.

## 6.8 Utilidade do projeto – Medidas de eficácia

Será conduzida uma avaliação preliminar do desempenho do projeto quando colocado para extrair informações de dados reais medidos na casa Habitas. Essa avaliação será feita pelo próprio grupo que, por meio de inspeção visual e verificação numérica da validade das informações contidas nas curvas de consumo e na sugestão de qual tarifa é a mais adequada, decidirá se a interface apresenta clareza em sua disposição visual de gráficos e se trabalha com os dados de forma adequada, estando o processo do algoritmo correto.

Após a distribuição para uso em residências, será possível quantificar a eficácia do produto avaliando se há uso continuado do aplicativo (sem desistências da parte do consumidor) e por meio de pesquisa de satisfação com os usuários quanto à utilidade do projeto desenvolvido.

## 6.9 Requisitos de sistema

Requisito (ID)	Descrição	Meio de V&V (Verificação & Validação)		
		T	A	I
RS-01	Aquisição correta dos dados medidos pelos sensores	X		
RS-02	Disposição adequada de curvas de consumo para os diferentes dispositivos	X		
RS-03	Avaliação correta da melhor opção de tarifa a ser recomendada	X		
RS-04	Clareza e usabilidade do aplicativo			X
RS-05	Resiliência a períodos de desconexão	X		

Tabela 3. Requisitos dos sistemas.

T= Teste;

A= Avaliação

I= Inspeção visual

### 6.10 Alocação dos requisitos aos elementos do sistema

A Tabela 4 a seguir representa a alocação dos requisitos aos elementos do sistema.

Requisito (ID)	Elemento
RS-01	Sensor de Energia
RS-02	Aplicação Web
RS-03	Aplicação Web
RS-04	Aplicação Web
RS-05	Servidor Local

Tabela 4. Alocação dos requisitos aos elementos do sistema.

## 7 ANÁLISE DE RISCOS

A Tabela 1 descreve os principais riscos associados ao desenvolvimento e a operação do projeto. Além disso, cada risco é classificado em diferentes categorias, as quais são divididas em, operacional, cronograma, técnico e segurança.

Ademais, o impacto do risco - referente aos desvios de tempo ou de custo a ele associados - é expresso qualitativamente e classificado como:

- Alto: Risco cujo impacto no tempo ou custo seja igual ou maior que 10% do tempo total do projeto respectivamente.
- Médio: Risco cujo impacto no tempo ou custo seja igual ou maior que 5% e menor que 10% do tempo total do projeto respectivamente.

- Baixo: Risco cujo impacto no tempo ou custo seja menor que 5% do tempo total do projeto.

A probabilidade de ocorrência, por sua vez, também é qualitativa e segue as seguintes classificações:

- Alta: Riscos evidentes ao projeto, cuja ocorrência é esperada à curto prazo ou que possuam probabilidade de ocorrência maior ou igual à 50% em algum momento durante o projeto.
- Média: Riscos identificados, para os quais é esperado a ocorrência em algum momento do projeto ou cuja probabilidade é igual ou maior que 15% e menor que 50% ou desconhecida.
- Baixa: Riscos identificados, porém cuja ocorrência não é esperada durante o projeto ou que possuam probabilidade menor que 15%.

ID	Categoria de Riscos	Descrição do Risco	Impacto no Projeto	Probabilidade de Ocorrência	Prioridade de Tratamento	Ações
ROP-01	Cronograma	<b>Atraso no recebimento de verbas e financiamento</b>  Não receber recursos financeiros frutos de verbas ou financiamento no tempo previsto pelo cronograma.	Alto	Baixa	Alta	Entrar em contato com os financiadores do projeto para buscar explicações sobre o atraso e tentar agilizar o processo de recebimento
ROP-02	Cronograma	<b>Atraso no recebimento de material</b>  Não receber os equipamentos físicos (sensores e servidor local) no prazo de entrega previsto.	Alto	Média	Alta	Entrar em contato com os fornecedores de material para buscar explicações sobre o atraso e tentar agilizar o processo de recebimento
ROP-03	Técnico	<b>Recebimento de material defeituoso</b>  Receber um equipamento com vícios ou defeitos, que não operem de maneira adequada para a sua utilização em nosso projeto.	Alto	Baixa	Alta	Entrar em contato com os fornecedores de material para buscar a troca do equipamento defeituoso
ROP-04	Técnico	<b>Dano a equipamentos durante a instalação</b>  Danificar os sensores durante a instalação.	Alto	Média	Alta	Adquirir nossos equipamentos para repor o equipamento danificado
ROP-05	Operacional	<b>Falta de conexão com a internet (período curto)</b>	Baixo	Alto	Baixa	Tentar viabilizar a reconexão



		Quedas de internet que ocorram por curtos períodos de tempo (menos de 24 horas).				
ROP-06	Operacional	<b>Falta de conexão com a internet (período longo)</b>  Quedas de internet que ocorram por curtos períodos de tempo (mais de 24 horas).	Médio	Média	Alta	Tentar viabilizar a reconexão
ROP-07	Técnico	<b>Falha em estimar a complexidade da implementação</b>  Não estimar corretamente o esforço e tempos necessários para a implementação dos códigos referentes ao funcionamento do projeto.	Alto	Média	Alta	Buscar auxílio com profissionais que possuam a competência técnica requisitada; Tentar simplificar as necessidades de implementação.
ROP-08	Operacional	<b>Servidor na nuvem fora do ar</b>  Servidor na nuvem ficar fora do ar (sem serviço).	Alto	Baixa	Média	Entrar em contato com o provedor e verificar a situação; Se for por motivo de configuração incorreta, buscar resolver o problema.
ROP-09	Operacional	<b>Equipamento danificar com o uso</b>  Equipamentos danificarem devido ao desgaste proveniente do uso.	Alto	Baixa	Alta	Fazer a aquisição de componentes substitutos. Se for dano aos servidores, realizar o procedimento de recuperação a partir dos backups.

Tabela 5. Análise detalhada dos riscos associados ao desenvolvimento e operação do projeto.

## 8 CONCLUSÕES

Mediante a análise realizada, acreditamos que o projeto é viável de ser implementado, testado e mantido dado que haja recursos humanos para tal.

As maiores dificuldades identificadas foram a necessidade de uma infraestrutura de conexão com a internet estável e contínua e a manutenção de qualidade dos sensores na casa. Ambas dificuldades apresentam possibilidade de redução, por exemplo pela utilização de redundância.

Qualquer falha no sistema não vai gerar quaisquer danos ao usuário, apenas o incômodo de não conseguir visualizar seu consumo em alguns períodos de tempo. De maneira geral, o mau funcionamento do sistema não levará o usuário a tomar atitudes equivocadas a respeito da adoção de tarifa branca.

## 9 ACRÔNIMOS E SIGLAS

BEN	Balanço Energético Nacional
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
MME	Ministério de Minas e Energia
ANEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport

Tabela 6. Definição de acrônimos e siglas.

## 11 REFERÊNCIAS

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional (BEN) 2020**: Ano base 2019. Disponível em:  
<[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf)>. Acesso em novembro de 2021.