

SERGIO SCHINA DE ANDRADE

**Metodologia de identificação de cargas elétricas em
sistemas não intrusivos**

São Paulo

2023

SERGIO SCHINA DE ANDRADE

Metodologia de identificação de cargas elétricas em sistemas não intrusivos

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

São Paulo
2023

SERGIO SCHINA DE ANDRADE

Metodologia de identificação de cargas elétricas em sistemas não intrusivos

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Saidel

São Paulo
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Andrade, Sergio

Metodologia de identificação de cargas elétricas em sistemas não intrusivos / S. Andrade, M. Saidel -- versão corr. -- São Paulo, 2023.

119 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.CE625.3.1.1.3.1 I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t. III.Saidel, Marco

AGRADECIMENTOS

À Deus, sobre todas as coisas. Ao meu orientador Prof. Marco Antonio Saidel pela dedicação, pelas palavras tranquilizadoras nos momentos de incertezas, pela preocupação em me manter motivado, pelo profissionalismo, pelo grande exemplo de excelência acadêmica. Um agradecimento especial a minha família, meu pai, Sergio Dias de Andrade, pela dedicação e amor me dado em cada momento de minha vida me ajudando a chegar até aqui. A minha mãe, Elizabeth Schina de Andrade, que através dela, pude ter o prazer de sentir o amor materno de dedicação incondicional, sendo de uma força imensurável. A minha irmã, Juliana Schina de Andrade, por ser minha parceira de vida. A minha família, por todo apoio e orgulho que sempre me deram, sempre estando ao meu lado e me apoiando. A minha companheira, namorada, Heloísa Gabriella Macedo Silva, pela força, apoio, e todo incentivo a sempre seguir em frente e caminhar comigo. Ao meu professor e amigo, Alexandre Shozo, que me ajudou desde o começo da minha trajetória acadêmica e profissional. Ao meu professor Alexandre Rocco, que sem sua indicação e apoio, não teria chegado até aqui. Ao meu amigo Rafael C. da Silveira, por todo conhecimento transmitido em linguagem python e lógica de programação, que não poupou esforços em me ajudar e pelo simples prazer de ajudar, me transmitiu conhecimento vindo de uma de suas virtudes e pelo encadeamento de suas ideias. E por fim, ao Dr. Celso Charuri, mestre de tamanho ainda inalcançável, que com seu exemplo e dedicação a humanidade, pude ter a opção de atender ao chamado, de poder trabalhar por um mundo bem melhor.

RESUMO

ANDRADE, Sergio Schina. Metodologia de identificação de cargas elétricas em sistemas não intrusivos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

A maior dificuldade de se entender como o usuário utiliza energia elétrica, é obter dados fidedignos e atualizados sobre o seu perfil de comportamento. A medição de energia elétrica individualizada de cada carga conectada à rede, é uma das formas para a obtenção de uma percepção precisa do emprego da energia, necessitando evitar derivações de cada tomada disponível, garantindo que a medição da carga ligada diretamente, seja garantida como única, tornando o método de custo elevado e considerado economicamente não acessível devido ao número de medidores necessários a serem instalados. Atualmente, as tecnologias de baixo custo vigentes de mercado focam em automação residencial, ou seja, ligam e desligam cargas de forma automática ou com tempo programado, não sendo aplicáveis em sistemas de medição de energia elétrica para faturamento ou aplicações que exigem confiabilidade metrológica. Assim, as mesmas investem em produtos que meçam a energia de cada residência unicamente no quadro de entrada com a finalidade, sempre, de medir o consumo total mensal de cada cliente. A metodologia aplicada neste trabalho, tem objetivo na obtenção dos dados vindos diretos destes medidores de energia utilizados nos quadros de entrada, com baixo nível de amostragem (6 amostras por minuto e baixo custo de investimento) podendo ser tornar um sistema de custo acessível a empresas e que poderão, através das informações geradas, traçar melhores estratégias para melhoraria do fornecimentos de energia elétrica ou até mesmo ser utilizado por um usuário residencial caso tenha interesse de entender de forma mais profunda o seu próprio consumo de energia. Para tal, são utilizadas técnicas não invasivas de identificação de cargas elétrica, gerando mediante um sistema on-line, dados que podem ser agregados e classificados como perfil de carga de um usuário.

Palavras-chave: Medição, assinatura elétrica, identificação de cargas, análise contínua e temporal.

ABSTRACT

Andrade, Sergio Schina(Methodology for identifying electrical charges in non-intrusive systems, Master's thesis in Electrical Engineering - Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, 2023.

The greatest challenge in understanding how users consume electricity is obtaining reliable and up-to-date data on their behavior. One way to gain an accurate understanding of energy usage is through individualized measurement of each load connected to the grid. However, this requires avoiding derivations from each available outlet and ensuring that the measurement of the directly connected load is unique, making the method costly and economically inaccessible due to the number of meters required. Current low-cost technologies on the market focus on home automation, such as automatically turning loads on and off or programming them for specific times, but these are not applicable for electricity metering for billing or applications requiring metrological reliability. Instead, they invest in products that measure the energy of each residence solely at the entrance panel with the aim of measuring the total monthly consumption of each customer. The methodology applied in this work aims to obtain data directly from these energy meters used at the entrance panels, with a low sampling rate (6 samples per minute) and low investment cost, making it an affordable system for companies that can use the generated information to develop better strategies for improving electricity supply or even for residential users interested in gaining a deeper understanding of their own energy consumption. To achieve this, non-invasive techniques for identifying electrical loads are used to generate online data that can be aggregated and classified as a user's load profile.

Keywords: Measurement, electrical signature, load identification, continuous and temporal analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de energia em 2021. Fonte EPE	16
Figura 2 – Metodologia Janela com margens	27
Figura 3 – Resultado da sintonia dos métodos de detecção usando AG e sintonia simples, VP = número de verdadeiros positivos, FP = o número de falsos positivos e FN = falsos negativos	28
Figura 4 – Processos NILM	30
Figura 5 – Processos NILM	30
Figura 6 – Representação dos limites máximos	32
Figura 7 – Banda de Excursão considerando a margem de erro	32
Figura 8 – Determinação dos limites máximos e mínimos	33
Figura 9 – Fluxograma de algoritmos a serem utilizados e desenvolvidos neste estudo	34
Figura 10 – Arquitetura da plataforma de testes	36
Figura 11 – Medidor de energia DDS238-2 da empresa Hiking	37
Figura 12 – (NBR 14520) Limite de erro percentual admissível para medidores de energia ativa	39
Figura 13 – Instalação do medidor de energia no quadro de entrada do apartamento	41
Figura 14 – Instalação do medidor de energia no Secador	42
Figura 15 – Instalação do medidor de energia na carga Chuveiro	43
Figura 16 – Instalação do medidor de energia na carga Máquina de Lavar	44
Figura 17 – Instalação do medidor de energia na carga Geladeira	45
Figura 18 – Instalação do medidor de energia na carga Freezer	46
Figura 19 – Arquitetura dos sistema com a adição do sistema que hospeda os softwares em nuvem	47
Figura 20 – Arquitetura integrada com o sistema em nuvem	48
Figura 21 – Gráfico comparativo de todos equipamentos em comparação ao Quadro de entrada	49
Figura 22 – demonstração da interação das duas aplicações com o MQTT e o banco de dados.	51
Figura 23 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.	53
Figura 24 – Demonstração da detecção de cada estágio do secador.	54
Figura 25 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa.	56
Figura 26 – Chaveamento consecutivo da carga chuveiro.	56
Figura 27 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa da carga maquina de lavar.	58
Figura 28 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa da carga Maquina de Lavar.	59
Figura 29 – Coluna 1,2 e 3 : Corrente, Potência Ativa e Potência Reativa da carga Geladeira.	60

Figura 30 – Evento de detecção da carga geladeira.	61
Figura 31 – Evento de detecção da carga Freezer.	62
Figura 32 – Pontos de detecção de eventos da carga Freezer.	63
Figura 33 – Gráfico do histórico dos valores de chaveamento que dão origem aos eventos.	64
Figura 34 – Demonstração do momento exato em que um software envia para o outro o delta do evento detectado	65
Figura 35 – Procedimento de coleta da amostra para calculo de VLP	66
Figura 36 – Procedimento de ranqueamento e classificação	66
Figura 37 – Gráfico comparativo da carga (chuveiro) e o quadro de entrada	67
Figura 38 – Gráfico comparativo da detecção da carga (chuveiro) no quadro de entrada	67
Figura 39 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	68
Figura 40 – Demonstração dos eventos detectados e confirmados	68
Figura 41 – Demonstração dos resultados de detecção do chuveiro elétrico	69
Figura 42 – Gráfico comparativo da carga (Freezer) e o quadro de entrada	70
Figura 43 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Freezer) no quadro de entrada	70
Figura 44 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	71
Figura 45 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	71
Figura 46 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Freezer) e o quadro de entrada	72
Figura 47 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Geladeira) no quadro de entrada	73
Figura 48 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	73
Figura 49 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	74
Figura 50 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Geladeira) e o quadro de entrada	74
Figura 51 – Gráfico comparativo carga (Máquina de Lavar) e o quadro de entrada	75
Figura 52 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Máquina de Lavar) no quadro de entrada demonstrando a detecção	76
Figura 53 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	76
Figura 54 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria	77

Figura 55 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Geladeira) e o quadro de entrada	77
Figura 56 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.	78
Figura 57 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.	79
Figura 58 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga	80
Figura 59 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Secador) e o quadro de entrada	80
Figura 60 – Imagem ilustrativa da lista de histórico de eventos de detecção de acionamento de cargas	82
Figura 61 – Gráfico de demonstração de percentual de detecção	83
Figura 62 – gráfico quantitativo de eventos ocorridos em um panorama mensal (30 dias).	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – REDD - Descrição das características dos dados aferidos nas casas . . .	25
Tabela 2 – Especificações técnicas medidor de energia DDS238-2	38
Tabela 3 – Teste de aferição de medição de corrente elétrica	40
Tabela 4 – Características elétricas básicas da Carga Ar-condicionado	42
Tabela 5 – Características elétricas básicas da Carga Chuveiro	43
Tabela 6 – Características elétricas básicas da Carga Máquina de Lavar	44
Tabela 7 – Características elétricas básicas da Carga Geladeira	45
Tabela 8 – Características elétricas básicas da Carga Freezer	46
Tabela 9 – Resultados classificação carga chuveiro	69
Tabela 10 – Resultados classificação carga Freezer	72
Tabela 11 – Resultados classificação carga Geladeira	75
Tabela 12 – Resultados classificação carga máquina de lavar	78
Tabela 13 – Resultados classificação carga Secador	81
Tabela 14 – Resultados de detecção das cargas testadas	82
Tabela 15 – Resultados das cargas testadas	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica

Hz Hertz

IA Inteligência Artificial

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

kW Quilowatt

kWh Quilowatt-hora

ILM Intrusive Load Monitoring

NILM Non Intrusive Load Monitoring

SEP Sistema Elétrico de Potência

EPE Empresa de Pesquisa Energética

MEF Máquinas de Estados Finitos

W Watt

V Volts

RNA Rede Neural Artificial

HMM Hidden Markov Model

MSE Mean Squared Error

ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico

PRODIST Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica

MQTT Message Queuing Telemetry Transport

REDD Reference Energy Disaggregation Dataset

VLP Valor latente ponderado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Descrição do problema	14
1.2	Objetivo	15
1.3	Contextualização	15
1.4	Estrutura do Trabalho	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Linha de estudo	19
2.2	NILM - Nonintrusive Load Monitoring	19
2.3	MÉTODOS BASEADOS EM EVENTOS E NÃO RELACIONADOS A EVENTOS	20
2.4	MONITORAMENTO INTRUSIVO E NÃO INTRUSIVO	21
2.4.1	Monitoramento Intrusivo	21
2.4.2	Monitoramento não Intrusivo	21
2.5	Aprendizado supervisionado, não supervisionado e semi-supervisionado	21
2.5.1	Aprendizado supervisionado	22
2.5.2	Aprendizado não supervisionado	22
2.5.3	semi-supervisionado	22
2.6	ALTA E BAIXA TAXA DE AMOSTRAGEM	22
2.6.1	Baixa amostragem	22
2.6.2	Alta taxa de amostragem	23
2.7	CONJUNTO DE DADOS DE ENERGIA DESAGREGADO DE REFERÊNCIA	23
2.8	DETECÇÃO DE EVENTOS	26
3	METODOLOGIA	29
3.1	PROPOSTA E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	31
3.2	Metodologia para identificação dos padrões do comportamento das cargas	31
3.2.1	Definição dos Limites de Oscilação	31
3.2.2	Definição do Padrão de Carga	32
3.2.3	Ponderação das Amostras	33
3.2.4	Processo para realizar o ranqueamento	33
3.3	ALGORITMO FOCO DESTE ESTUDO	34

4	DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA PARA TESTES DOS ALGORITMOS	35
4.1	Arquitetura da Plataforma de testes	35
4.1.1	Descrição dos Equipamento da Plataforma de testes	37
4.1.2	Medidores de Energia	37
4.2	homologação dos equipamentos de medição para a montagem do ambiente de teste	38
4.2.1	Instalação dos Equipamentos	41
4.3	Sistema de Supervisão e Registro de Medição	46
4.3.1	Arquitetura do Sistema	46
4.3.2	Banco de dados	47
4.3.3	Integração dos Equipamentos	48
4.3.4	Testes de Medição Iniciais	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	AVALIAÇÃO DA ASSERTIVIDADE DOS ALGORITMOS PARA DETECÇÃO DO CHAVEAMENTO	50
5.2	Desenvolvimento do aplicativo para detecção do chaveamento	50
5.3	Descrição da metodologia dos testes	51
5.4	Avaliação da Detecção do Chaveamento dos equipamentos . .	52
5.4.1	Secador	52
5.4.2	Chuveiro Elétrico	55
5.4.3	Máquina de lavar	57
5.4.4	Geladeira	60
5.4.5	Freezer	62
5.5	Análise do Processo de identificação das cargas com o sistema em operação	64
5.5.1	Detecção do chuveiro	67
5.5.2	Detecção do Freezer	70
5.5.3	Detecção do Geladeira	72
5.5.4	Detecção Máquina de Lavar	75
5.5.5	Detecção Secador	78
5.6	Histórico de eventos registrados	81
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6.1	CONCLUSÃO PARCIAL BASEADA NOS RESULTADOS .	84
6.2	CONCLUSÃO	85
6.3	TRABALHOS FUTUROS	86

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE	90

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada a descrição do problema, o objetivo, uma contextualização sobre o assunto e explicado a estrutura deste trabalho.

1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Um usuário de energia elétrica aplica a eletricidade para inúmeras finalidades: iluminar, comunicar-se, lazer, cozinhar, lavar roupas e até climatizar o ambiente. O consumo de energia elétrica, é diretamente ligado a potência dos equipamentos, tempo que permanecem ligados, a renda e preferência do usuário. A maior dificuldade de se entender como o usuário utiliza esta energia é obter dados fidedignos e atualizados sobre o seu perfil e comportamento, além de levar em conta as transformações tecnológicas, mudanças econômicas, ambientais e sociais que impactam a demanda por energia elétrica (EPE, 2021) .

Para se obter uma precisa percepção de como é empregue a energia, o usuário deve ser capaz de mensurar cada carga conectada à rede de forma individualizada, evitando inclusive derivações de cada tomada disponível. De forma evidente, é possível afirmar que somente este fator (a quantidade de tomadas disponíveis) já elevaria o custo da instalação elétrica de uma residência, pois a cada conexão de um eletrodoméstico, demandaria uma tomada exclusiva. Com o objetivo de se medir singularmente cada ponto a fim de se obter uma medição exclusiva e fidedigna de cada carga da residência, o custo de instalação, manutenção e infraestrutura de rede de comunicação, conduz a tornar realmente inviável e não justifica o investimento para tal finalidade.

Atualmente, as tecnologias vigentes de mercado focam em automação residencial, ou seja, ligam e desligam cargas de forma automática ou com tempo programado. Existem alguns produtos de medição em tomadas diretamente, os *Smart Plugs*, que medem tensão, corrente e energia ativa. Entretanto, como eles têm o objetivo de serem acessíveis financeiramente, não possuem precisão suficiente para serem utilizados por empresas fornecedoras de energia elétrica para faturamento. Assim, as mesmas investem em produtos que medem a energia de cada residência no quadro de entrada com a finalidade sempre de medir o consumo total mensal de cada cliente. Com isto, a tecnologia utilizada, apesar de demonstrar precisão exigida pela norma RTM 586 do INMETRO (lançada em 01 de novembro de 2012), não tem a funcionalidade de demonstrar quais tipos de cargas cada consumidor utiliza.

Visando o tipo da tecnologia contida nos consumidores, medidores digitais instalados no quadro de entrada da residência, seria possível uma tecnologia que apenas com os dados

extraídos diretamente dos mesmos, que identificar os tipos de cargas que o consumidor utiliza? Seria um sistema capaz de realizar a detecção de cargas elétricas de forma não intrusiva, com o mínimo custo de instalação de novos equipamentos no quadro de entrada?

1.2 OBJETIVO

Com esta percepção, ainda não foi constatado um sistema capaz de poder realizar detecções de cargas de forma não intrusiva, com baixo custo e de baixo nível de amostragem. Atualmente, através de revisão bibliográfica, pode-se observar que inúmeros trabalhos foram iniciados com tal objetivo. Sistemas detecções e identificação de cargas por métodos não invasivos, iniciado em (ONUKEI et al., 2018b), realizou o estudo de uma metodologia de identificação de cargas capaz de se obter bons resultados ao se testar cargas resistivas e algumas reativas indutivas. Este trabalho tende a dar continuidade na mesma metodologia, mas com a adição do método de detecção de eventos (AZZINI; TORQUATO; SILVA, 2014), contextualizado em (KANASHIRO, 2016), e uma metodologia invasiva para efeito de comparação. Este estudo tem como objetivo uma solução de custo acessível, baixo custo, que possa ser adquirido ou montado por qualquer usuário de energia elétrica, com o fim de se obter informações fidedignas de cada carga consumida, e através do panorama adquirido, tomar decisões pessoais relacionadas ao consumo de energia elétrica. Tais informações, também poderão ser usadas em prol de justificar e orientar quais cargas de consumo o usuário tem, podendo até mesmo identificar perdas geradoras de custo extras.

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO

A identificação não invasiva de cargas elétricas é um grande desafio devido à sua complexidade na dissociação de cargas elétricas e à grande quantidade de ocorrência de chaveamento de cargas elétricas contidas na rede. A dificuldade de medir e verificar as derivações de pontos de fornecimento de energia elétrica complica a identificação e filtragem desses sinais.

Em 2021 o consumo do setor residencial correspondeu a 30,1% (figura 1). Essas informações foram fornecidas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (EPE, 2021).



Figura 1 – Consumo de energia em 2021. Fonte EPE

O consumo de energia residencial representa uma parte considerável no cenário demonstrado na figura 1, podendo ressaltar que pesquisas e desenvolvimento de soluções para este setor poderão trazer benefícios positivos para se trilhar um caminho de maior eficiência energética no país.

No meio da década de 1990, quando os medidores digitais de energia ainda não possuíam participação significativa no mercado brasileiro de medição residencial, as empresas fornecedoras e distribuidoras de energia elétrica, na tentativa de aproximar-se de um achatamento da curva de carga de fornecimento no horário de pico, enviavam informativos aos seus consumidores residenciais incentivando o uso das principais cargas consumidoras de energia (chuveiro, máquina de lavar, ar-condicionado) em horários alternativos, de forma a mudar os hábitos e rotinas domésticas. Um exemplo seria trocar o horário do banho noturno, de modo que, com simples alterações de horário no uso dos principais equipamentos, poderia haver redução na curva de carga nos horários de maior demanda de energia elétrica.

Diante desse cenário, as empresas passaram a investir em tecnologias mais modernas na área de medição de energia. Com a demanda, surge o interesse na criação de soluções de medição capazes de medir tensão, corrente e energia ativa para obtenção de dados individuais de cada cliente/usuário. Assim, começaram a surgir os primeiros medidores digitais de energia elétrica, inicialmente para substituir os medidores eletromecânicos. Com o passar do tempo, no entanto, nasceu a demanda por demonstrar ao consumidor mais informações sobre o consumo, como tensão, corrente, potência ativa e reativa, energia ativa

e reativa e fator de potência. Dessa forma, as normas que regulam essa área, da ANEEL e do INMETRO, passaram a abordar limites e requisitos para o mercado brasileiro de medidores digitais de energia.

Contudo estas tecnologias tem o propósito de apenas servir às empresas detentoras da tecnologia de medição com o objetivo de demonstrar o consumo total ao final do mês, esta informação fica disponível apenas através do display lcd¹, o cliente tem acesso indo até o quadro de entrada onde o medidor está instalado e de forma visual, para verificar o consumo atual de sua residência. Outra funcionalidade que agrega à tecnologia, é a comunicação remota dos medidores, podendo ser através de rádio frequência ou PLC², que possibilita a redução de custos operacionais. O objetivo é ter formas mais detalhadas do consumo individual de cada residência. Todavia, para obter dados de consumo de energia de cada carga separadamente, é necessária uma infraestrutura de equipamentos e comunicação que podem inviabilizar o retorno financeiro ou a economia monetária para pagar os valores gastos com tecnologia investida. Existem ainda sim outros meios de comunicação, que não serão abordados no contexto deste trabalho.

Dentro deste panorama tecnológico, o usuário em si, tem pouco acesso a tecnologia, e muitas vezes tem seus questionamentos como limitados diante da baixa disponibilidade de recursos, e por muitas vezes, quando encontram equipamentos para fornecer informações e verificar o cenário de sua residência, o custo para tal, demonstra ser inviável. Vendo este tipo de tecnologia disponível no mercado, seria uma saída o próprio consumidor poder extrair dados deste tipo de tecnologia, a fim de se ter um real cenário do consumo de sua residência ou estabelecimento comercial, com um custo acessível, que possa trabalhar com baixo nível de amostragem e de forma não invasiva?

Tal questionamento, que pode ser até mesmo de abrangência mundial, é uma das questões que fomentam e incentivam o início de estudos para criar soluções e evitar a necessidade da instalação de equipamentos de forma intrusiva. Com essa demanda, pesquisadores criaram a área de monitoramento não intrusivo de cargas, do inglês, *Non Intrusive Load Monitoring* (NILM), e têm se destacado os resultados obtidos com apenas um medidor de energia instalado na entrada da casa (KANASHIRO, 2016).

Nessa linha de pesquisa, em 1992, foram elaborados trabalhos como o apresentado por (HART, 1992), que mostrou uma outra perspectiva de análise de medições elétricas. Desde então, foram divulgados muitos trabalhos focando as diversas etapas de um sistema NILM. Um sistema NILM possui como principal objetivo medir a carga agregada de uma residência através de um único sensor, colocado no medidor central na entrada do circuito (PENHA et al., 2018). A partir da carga agregada medida durante um período de tempo, pode-se, por meio de softwares específicos, realizar a identificação dos equipamentos

¹ Liquid Crystal Display: Nome de origem da língua inglesa. Significado: mostrador de cristal líquido.

² PLC: *Power Line Communication* - Tecnologia que possibilita comunicação de dados via rede elétrica.

elétricos em funcionamento e obter o consumo individual dos mesmos, além de obter o horário de funcionamento de cada equipamento (HART, 1992).

Com essas informações disponibilizadas, estas poderiam ser analisadas e os resultados poderiam gerar sugestões precisas de economia sobre o custo de energia elétrica baseando-se no cenário atual do próprio usuário. Assim, poder-se-ia prover uma consciência e, por vontade própria, o usuário mudar seus hábitos com intuito de economia monetária. Os estudos nessa área têm aplicado muitas técnicas de inteligência artificial, como por exemplo as redes neurais artificiais profundas. As redes neurais profundas têm chamado a atenção e cada vez mais a comunidade acadêmica vem apresentando excelentes resultados, com melhorias significativas na área de visão computacional, reconhecimento de imagens, processamento de sinais e aprendizado de máquina. Contudo, tais técnicas são um segundo passo na identificação. Primeiramente deve-se ter os algoritmos de detecção de eventos, que determinam quando se capta uma ocorrência de acionamento de carga.

Resultados considerados positivos em relação a contribuições acadêmicas vêm crescendo dia a dia com foco em resoluções de problemas de aplicação de dados em duas dimensões (dados temporais em eixo x e eixo y, em específico análise de consumo de potência pelo tempo e correlacionando com outros parâmetros de mesma fonte do sinal elétrico). Autores como WANG (2015), LECUN; BENGIO et al. (1995), LEE et al. (2009), ZHENG et al. (2014), MARTIN; LARS; LOUTFI (2014) apresentam resultados promissores em resoluções de problemas com dados através de pesquisas em área de aplicação de redes neurais profundas.

Apesar dessa linha de estudo estar sendo aprofundada na área de inteligência artificial com redes neurais, este trabalho não tem por objetivo abordá-los dessa forma. Seguirá o mesmo objetivo do NILM, mas com algoritmos matemáticos dedicados ao propósito do mesmo junto a metodologia de detecção de eventos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é estruturado através de 5 capítulos. O primeiro faz introdução e contextualiza o consumo de energia e medição não intrusiva. No segundo, é feita uma descrição dos algoritmos utilizados da literatura com objetivo de conhecer os principais estudos sobre o tema escolhido. O terceiro capítulo, trata do desenvolvimento da plataforma para testes dos algoritmos da metodologia adotada para o estudo e de como serão feitos os ensaios para aquisição dos dados. O capítulo quarto, demonstra os resultados obtidos e discute algumas perspectivas analíticas. O quinto capítulo faz as considerações finais e conclusões do estudo feito neste trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Desagregar o sinal total coletado por sensores de energia é um dos desafios do monitoramento não-intrusivo, pois permite a identificação de cargas pertencentes a uma base de dados previamente determinada (LIANG, 2010). Com essa informação, este trabalho irá percorrer os principais trabalhos que buscam boas soluções para essa linha de estudo a fim de se chegar à conclusão de qual caminho seguir e obter resultados empíricos sobre o tema.

2.1 LINHA DE ESTUDO

Considerando a linha de estudo adotada, observa-se que ela tem sido amplamente estudada e abordada com o objetivo comum de realizar medições mais assertivas de forma não intrusiva em ambientes residenciais. Uma das principais contribuições para o mundo acadêmico foi a técnica de monitoramento de carga não intrusiva, NILM, que foi um dos pontapés iniciais para essa linha de estudo.(HART, 1992)

2.2 NILM - NONINTRUSIVE LOAD MONITORING

Um dos principais desafios nesta área de estudo é identificar o uso de energia de cada aparelho em uma residência. Uma solução é adicionar medidores de energia em cada aparelho para monitorar seu uso de forma confiável. No entanto, essa abordagem é considerada intrusiva e é conhecida como ‘monitoramento de carga intrusivo’, *Intrusive Load Measurement* (ILM). Isso pode exigir uma infraestrutura que normalmente não está disponível e aumentar os custos de instalação e manutenção

Desagregar o sinal total de cada medidor, que possibilite identificar cargas pertencentes a uma base de dados, é o maior desafio (LIANG, 2010). Para isso, é necessário caracterizar cada carga, encontrar sua assinatura específica e verificar quais estão presentes no sinal analisado. O processo de identificação pode ser dividido em duas etapas: primeiro, a definição das características dos sinais, ou seja, as assinaturas elétricas; e segundo, a combinação dessas assinaturas para identificar as cargas em funcionamento.

De acordo com HART (1992), NILM é a técnica de desagregação de consumo individual de cargas no consumo total usando um ou dois pontos de medição. Além de definir o conceito, ele realizou os primeiros estudos com NILM focando em aparelhos residenciais modelados como máquinas de estados finitos e resistivos com dois estados (LIGA/DESLIGA) e consumo constante.

Ao mencionar o hardware envolvido (medição de energia), pode-se utilizar medido-

res de energia com menor taxa de amostragem de medição, 1Hz, com objetivo de redução de custo de implementação, ao invés de um medidor de alta taxa de amostragem como de 1kHz. Ao citarmos o quesito de software, existem muitos trabalhos publicados com muitas técnicas de programação como: clustering(HART, 1992), Modelos Markov Ocultos (HMM)(GHAHRAMANI, 1997),(SUZUKI; INAGAKI; SUZUKI, 2008), programação inteira (SUZUKI; INAGAKI; SUZUKI, 2008) e outros mais. Contudo, os resultados são semelhantes ao se tratar em larga escala, e ainda não se tem uma conclusão afirmativa de qual método utilizar. Neste trabalho, será abordado o conceito NILM com algoritmos de detecção de eventos como foco, será percorrido alguns conceitos e terminologias básicas frequentemente utilizadas.

2.3 MÉTODOS BASEADOS EM EVENTOS E NÃO RELACIONADOS A EVENTOS

Segundo NASCIMENTO (2016), os métodos baseados em eventos têm como objetivo classificar as alterações no consumo quando um dispositivo altera seu estado de funcionamento, como por exemplo uma televisão ligada. Para atingir esse objetivo o algoritmo extrai um conjunto de recursos do sinal de energia, e com a diferença entre consumos consecutivos em estado estacionário, a duração do transitório etc. Esses recursos são usados para identificar e classificar um evento sempre que ele ocorre.

Já os métodos não baseados em eventos não dependem da detecção de eventos específicos no sinal, eles aprendem esses eventos automaticamente, sem a necessidade de um bloco separado para detectar um evento no sistema. Em geral, um modelo gráfico temporal, como o HMM (*hidden Markov model*), é usado para esse fim (NASCIMENTO, 2016).

Usando modelos fatoriais ocultos de Markov aditivos, um extensão do modelo HMM, KOLTER; JAAKKOLA et al. (2012) abordaram o problema NILM, mas os resultados demonstraram ficar presos no mínimo local(*local optima*) com muita facilidade e a inferência exata foi difícil. Foi possível observar que modificaram a etapa de inferência e deixaram o modelo apenas considerar no máximo um dispositivo alterar o estado de cada vez. Em equipamentos que são diferentes e que funcionam juntos (TV e home theater, por exemplo), põe a situação um tanto quanto difícil para ser desmembrada, pois o comportamento é alterado praticamente de forma simultânea. Assim, percebendo este fato, os mesmos desenvolveram uma etapa de inferência eficiente que evita mínimos locais, alcançando bons resultados na prática.

PARSON et al. (2021) também usaram HMMs para o NILM, desenvolvendo uma abordagem que não precisa de aparelhos individuais de medição. Eles usaram o REDD, *Reference Energy Disaggregation Dataset*, obtendo resultados comparáveis aos sistemas que usam dados medidos (NASCIMENTO, 2016). Em trabalhos relacionados por KELLY

et al. (2015) são utilizadas técnicas inteligência artificial, *deep learning* em específico, aprendizado de máquina profundo, alcançando resultados muito bons e capacidade de generalização, com quase nenhum conhecimento prévio e ainda com muito espaço para melhorias futuras. KELLY et al. (2015) usaram a métrica MSE no treinamento de sua rede. No entanto, dado as técnicas utilizadas, esperavam-se melhores resultados de seus modelos recorrentes e assim é possível observar que não obtiveram bons resultados.

2.4 MONITORAMENTO INTRUSIVO E NÃO INTRUSIVO

A forma com que se realiza um monitoramento de uma carga, diferencia principalmente em custo, impacto no ambiente e possíveis influências na rede elétrica. Uma vez aplicado um monitoramento intrusivo, é necessário mão de obra técnica massiva dependendo da grandiosidade da aplicação. Já o monitoramento não intrusivo, exerce impacto mínimo no ambiente e por consequência nenhuma influência na rede.

2.4.1 Monitoramento Intrusivo

- classifica-se como intrusivo quando há uma medição direta na carga, ou seja, é uma medição isolada que extrai dados dedicadamente em uma carga, sem sofrer interferência de alteração nos resultados devido a acionamentos simultâneos de cargas conectadas na mesma rede elétrica. Este método proporciona a formação de assinaturas elétrica confiáveis que servem de modelo para algoritmos de detecção com precisão. Contudo esse tipo de metodologia de medição requer um investimento mais elevado, que pode ser em muitos casos um impeditivo para a aplicação da tecnologia.

2.4.2 Monitoramento não Intrusivo

- é considerado um monitoramento não intrusivo quando são utilizados poucos recursos de medição, no caso, o normal no método não intrusivo é de usar apenas 1 medidor de energia para medir a rede em questão. Este método é bem estudado atualmente devido ao baixo custo de instalação, mas ainda é dependente de softwares externos ao medidor e sua eficácia ainda é questionada para ser aplicada em campo como produto.

2.5 APRENDIZADO SUPERVISIONADO, NÃO SUPERVISIONADO E SEMI-SUPERVISIONADO

Os modelos de aprendizagem são muito utilizados em algoritmos de detecção de eventos ou em técnicas de aprendizados de máquina profundos (*deep learning*). No caso deste estudo será focado um algoritmo de aprendizado preestabelecido dentro do algoritmo de detecção. Para efeito de revisão bibliográfica a definição de cada modelo será contextualizada diante do tema deste trabalho, assim os modelos são definidos como:

2.5.1 Aprendizado supervisionado

- é o modelo de supervisão em que usa não apenas os dados mensurados no medidor de entrada, mas leva em consideração os dados mensurados individualmente (com medidor dedicado à carga diretamente). Este método é muito utilizado na formação da assinatura elétrica individual de cada carga. Além disso, como cada assinatura já vem classificada e rotulada, este método facilita bastante na identificação de cargas no medidor com cargas agregadas.

2.5.2 Aprendizado não supervisionado

- este modelo é treinado apenas utilizando os dados agregados vindos de um medidor de entrada de uma rede. Este método é considerado difícil em se conseguir resultados próximos ao supervisionado, devido à falta de referência.

2.5.3 semi-supervisionado

- O modelo semi-supervisionado é a mistura dos supervisionado e o não supervisionado, inicialmente utiliza-se o modelo supervisionado para referência e estabelecimento dos algoritmos de identificação, e assim atuar em cima dos dados agregados geralmente do medidor de entrada.

Segundo NASCIMENTO (2016) o método mais adequado para uma aplicação NILM é o semi-supervisionado. Um modelo de aprendizado semi-supervisionado usa uma combinação de dados rotulados e não rotulados para treinamento. No caso do NILM, é o método mais adequado. Este trabalho foca na utilização de aprendizado semi-supervisionado.

2.6 ALTA E BAIXA TAXA DE AMOSTRAGEM

Sistemas de medição são diferenciados diretamente em seus projetos por precisão ou taxa de amostragem. A precisão é algo específico que apenas hardwares de maior custo, possuem um nível elevado. Já em relação a taxa de amostragem de parâmetros de energia, é possível se obter níveis maiores mesmo que não sejam acompanhados de maior precisão, que possibilitam a realização de ponderações matemáticas, que muitas vezes podem atender os requisitos técnicos objetivos de uma aplicação diante ainda de um custo acessível.

2.6.1 Baixa amostragem

- Diz-se baixa amostragem quando a frequência de amostragem vem a ser 1Hz ou menos, ou seja, uma amostra por segundo. Embora os medidores de energia serem projetados para disponibilizar um nível de amostragem elevado, os mesmos entregam uma

média destas amostragens com erro máximo de 0.5% a 2% (medidores classe B). Tal gama de intervalo de precisão pode garantir uma aplicabilidade mesmo nestas condições de baixa disponibilidade de amostras.

2.6.2 Alta taxa de amostragem

- Ao se tratar de alta taxa de amostragem, deve-se falar em frequências na faixa de mil ou milhão de amostras (kHz ou MHz). Em outras palavras seria uma oscilografia da tensão e corrente, e através destes dados são extraídos todos os parâmetros necessários com alto nível de precisão, como até mesmo ondas harmônicas e séries baseadas no tempo (uma vez que os dados são sincronizados em sua captura).

BERGES (2010) e GUPTA; REYNOLDS; PATEL (2010) demonstram um sistema com alta taxa de amostragem chamado *ElectriSense*, que se baseia em NILM em apenas 1 ponto de medição (no caso, na entrada da rede elétrica). O objetivo principal do estudo era aferir as influências de sinais de harmônicas relevantes advindas de cargas não lineares durante o processo de identificação de cargas. O estudo constatou que as harmônicas pertenciam a assinatura elétrica destas cargas não lineares, assim atingindo o objetivo com facilidade através da identificação das harmônicas. A principal desvantagem é o alto preço do medidor, em que necessita de conversores analógicos para digital de altíssima resolução e nível de amostragem alta.

Com a tecnologia atual de medidores de energia disponíveis no mercado, os de baixo custo, são classificados como de baixa taxa de amostragem. O medidor aplicado a este trabalho, tem capacidade de disponibilizar dados de memória instantânea (seria como uma "foto" do instante que focem solicitadas as medições), e apesar dos medidores escolhidos terem capacidade de fornecimento de dados a cada segundo, pensando em larga escala, o sistema foi desenhado para a cada 10 segundos enviar os dados para um servidor nas nuvens para processamento e aplicação de algoritmos.

2.7 CONJUNTO DE DADOS DE ENERGIA DESAGREGADO DE REFERÊNCIA

O conjunto de dados de energia desagregada de referência, ou em inglês *Reference Energy Disaggregation Dataset (REDD)*, é um conjunto de dados disponibilizado a todos que necessitarem, pelo *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, para servirem de referência base de dados de referência para qualquer um que queira estudar temas relacionados a NILM ou algo derivado do mesmo. Segundo KOLTER; JOHNSON (2011), o qual realizaram a coleta da maioria dos dados e os disponibilizou, ao se estudar as técnicas atuais aplicadas, as dificuldades de NILM podem levar a resultados muito distintos, mesmo com objetivos em comum a serem alcançados.

Com uma taxa de amostragem de 15kHz, o REDD foi considerado o maior banco de

dados disponibilizado até o momento, onde a característica principal é a disponibilização do dado da forma mais crua, ou seja, uma oscilografia do canal de tensão e corrente alternada, assim sendo possível extrair quaisquer informação elétrica necessária, diante de um alto ou baixo nível de amostragem.

Os dados foram coletados em cinco casas na região de Massachussetts, nos EUA, onde o sistema elétrico é bifásico. Um dos problemas no conjunto de dados é que não há dados de dispositivos individuais, apenas circuitos, correspondendo a um conjunto de dispositivos em geral. Portanto, só é possível identificar aparelhos que usam o circuito sozinho (NASCIMENTO, 2016). Uma descrição geral sobre a estrutura do conjunto de dados é fornecida na tabela 1 :

Tabela 1 – REDD - Descrição das características dos dados aferidos nas casas

Fonte: (KOLTER; JOHNSON, 2011) (texto traduzido)

Casa	Quantidade de eletrodomésticos	Tipo dos eletrodomésticos
1	20	Eletrônica, Iluminação, Geladeira, Descarte, Lavadora de pratos, Forno, Lavadora, Secador de roupa, Alarmes de fumaça, GFCI do banheiro, tomadas de cozinha, Micro-ondas
2	19	Iluminação, Geladeira, Lavadora de pratos, Lavadora, Secador, Banheiro GFCI, Tomadas de cozinha, Forno, Micro-ondas, aquecedor elétrico, Fogão
3	24	Eletrônicos, Iluminação, Geladeira, Descarte, Lavadora de pratos, Forno, Lavadora, Secadora, Banheiro GFCI, Tomadas de cozinha, micro-ondas, aquecedor elétrico, tomadas ao ar livre
4	19	Iluminação, Lavadora de pratos, Forno, Lavadora, Secador, Alarmes de fumaça, Banheiro GFCI, Tomadas de cozinha, Fogão, Eliminação, Ar condicionado
5	10	Iluminação, Geladeira, Descarte, Lavadora de pratos, Lavadora, Secador, Tomadas de cozinha, Micro-ondas, Fogão

O conjunto de dados é separado em três conjuntos, cada um deles contém dados de 5 casas:

- **Low_freq** - A fase principal é amostrada com uma taxa de 1 Hz e os circuitos individuais são amostrados a cada 3 ou 4 segundos. O arquivo com os dados de cada casa contém a energia (potência aparente da rede elétrica e potência ativa dos

circuitos) consumida e o carimbo de data / hora UTC correspondente de quando a amostra foi coletada;(NASCIMENTO, 2016)

- **High_freq** - Contém os dados correspondentes à forma de onda da corrente das duas fases e à tensão de uma das fases. Eles são alinhados e amostrados a uma taxa de 15 kHz. No entanto, usando o fato de que as formas de onda permanecem quase constantes por longos períodos, os dados são compactados e a forma de onda é registrada apenas nos pontos em que há uma alteração relevante no sinal;(NASCIMENTO, 2016)
- **High_freq_raw** - Contém os dados de tensão e corrente, como no arquivo High_freq, mas agora não está compactado, os dados estão em sua forma bruta.(NASCIMENTO, 2016)

Em BATRA et al. (2014), é citado um problema de grande relevância, que é o fator de mal funcionamento do equipamento, apesar de ser um banco de dados de referência aberto, o mesmo esteve suscetível a falhas de medição e comunicação ou mesmo o equipamento foi desligado para manutenção, e isto acabou gerando lacunas temporais de medição, o que deve ser considerado e descartado no algoritmo do software.

2.8 DETECÇÃO DE EVENTOS

Segundo BATRA et al. (2014) sistemas NILM seguem o padrão de serem instalados em ambientes residenciais e os algoritmos consideram algumas premissas para a identificação de eventos:

- Os acionamentos das cargas acontecem um de cada vez, pelo fato de o número de cargas serem pouca e cada medição acontecer em intervalos síncronos em segundos;
- O consumo das cargas acionadas permanece constante, em ambientes residenciais, sendo que são muito poucos os casos de cargas que demorem para estabilizar seu consumo e atinja estabilidade de demanda;
- Cada usuário do ambiente residencial possui um padrão de comportamento. Tal fator pode ajudar na criação dos algoritmos do software de identificação de cargas;
- Existência de cargas correlacionadas, ou seja cargas que são sempre interligadas juntas, como por exemplo televisão e aparelho decodificador de TV a cabo. Tal consideração pode facilitar na identificação, pelo fato destes tipos de cargas sempre serem acionadas juntas, ou seja, por estarem nas mesma tomada.

AZZINI; TORQUATO; SILVA (2014) desenvolveram a técnica de detecção de "Janela com Margens", onde basicamente se denomina um período de tempo com o nome de "Largura de janela secundária" e se analisa de forma sequencial as características da diferença da demanda inicial com a demanda final superar um determinado valor, conforme observado na figura 2.

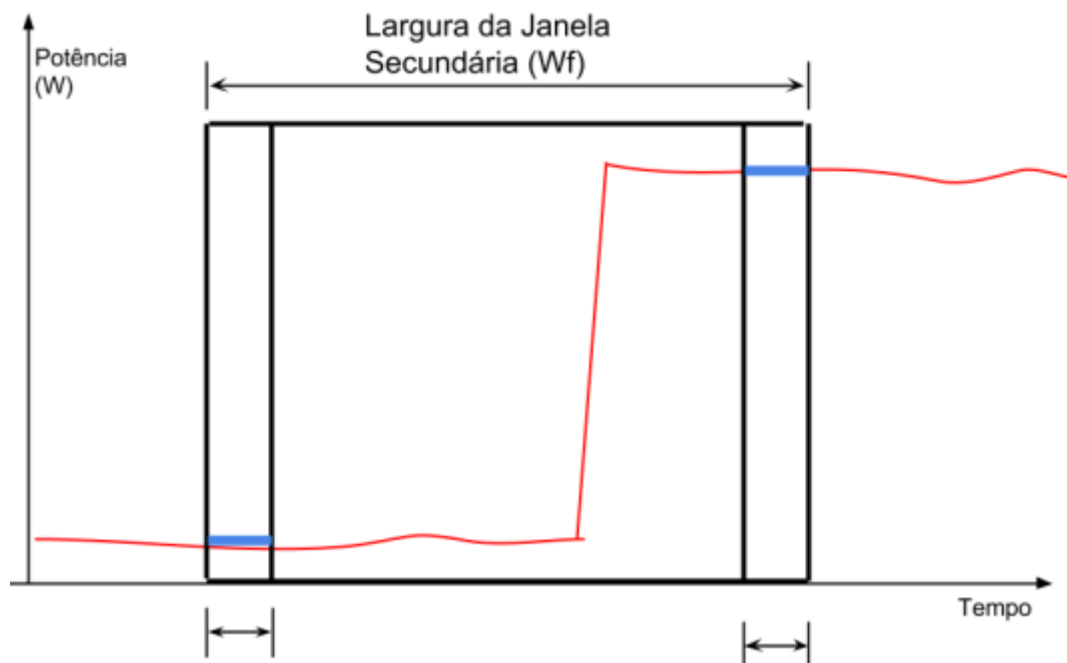


Figura 2 – Metodologia Janela com margens

Fonte: Adaptado de (AZZINI; FARDIN; SALLES, 2012)

Para evitar mais de um evento neste intervalo na detecção da janela, deve-se notar que o intervalo de detecção deve ser pequeno o suficiente (região em azul), mas da mesma forma, deve ter o tamanho suficiente (largura da janela secundária) para conter o período de transição que nota o acontecimento do evento, ou seja, as duas margens para cálculo de magnitude do evento.

Em AZZINI et al. (2017) estuda-se a importância de realizar uma sintonia de parâmetros, afim de aumentar a efetividade dos algoritmos de detecção, onde no decorrer do trabalho eles teorizam a sintonia dos parâmetros utilizados nas técnicas de detecção de eventos, classificando-as em dois tipos: Sintonia Simples (SS) e Algoritmos Genéricos (AG). Durante o trabalho eles comparam as técnicas de Janela com Margens, Amostra Deslocada, Máximo desvio padrão e Máximos de Variância, todas testadas com os dois tipos de sintonia SS e AG em ambas condições de teste, ou seja, mesma base dados obtendo os seguintes resultados na figura 3.

Detecção	Sintonia	Número de Eventos Detectados	FP	FN	VP
Janela com Margens	AG	182	3	9	179
	SS	185	5	8	180
Amostra Deslocada	AG	176	8	20	168
	SS	177	10	21	167
Máximos de Desvio Padrão	AG	176	9	21	167
	SS	179	12	21	167
Máximos de Variância	AG	175	12	25	163
	SS	176	15	27	161

Figura 3 – Resultado da sintonia dos métodos de detecção usando AG e sintonia simples, VP = número de verdadeiros positivos, FP = o número de falsos positivos e FN = falsos negativos

Fonte: Adaptado de (AZZINI et al., 2017)

Em (AZZINI et al., 2017), dada a pesquisa bibliográfica realizada, foi determinado com base nos resultados pesquisados e como critérios principais: o fator FP, número de eventos detectados e FN da tabela 3, que demonstrou baixo número de falso positivo.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho focou em colocar apenas um medidor no ramal de entrada do local da residência, o que torna desnecessário o acesso a outras cargas de forma intrusiva, e requer muito menos recursos de hardware, focando na formação de softwares com algoritmos mais sofisticado e complexos. Em (AZZINI; FARDIN; SALLES, 2012) tal recurso de software deve ser capaz de conseguir identificar quais cargas se encontram no circuito em funcionamento e quando a mesmas estão desligadas, levando em conta suas características elétricas podendo ser resistivas, indutivas ou capacitivas e a combinação das mesmas. As cargas foram classificadas em 3 categorias: Ligado/Desligado, Máquinas de Estados Finitos (MEF) e Continuamente Variáveis. As cargas da categoria Ligado/Desligado (*ON/OFF*), são cargas que possuem apenas 1 estado, de ligado ou desligado, e suas características elétricas são sempre semelhantes, como chuveiros, lâmpadas incandescentes, e aparelhos de televisão. Já os MEF, são cargas com um específico número de estados de transições em sua característica de funcionamento, como por exemplo, máquina de lavar roupas. Assim restando a categoria de cargas continuamente variáveis, que são cargas com infinitas situações de consumo, ar-condicionado do tipo inverter, que utilizam inversores de frequência para controlar a velocidade de acordo com a temperatura ambiente, ou seja, se mantem mudando o consumo continuamente, e refrigeradores também com inversores de frequência que atuam com intenção parecida. Assim, HART (1992) define de forma independente da categoria da carga, o termo assinatura de carga como um parâmetro mensurável, que uma vez identificada sua característica, fornece o estado de funcionamento de uma carga individual.

No sistema NILM, as características do sinal são extraídas inicialmente por meio de um medidor de energia. A carga é medida e armazenada em um banco de dados para que, por meio da análise das informações coletadas, seja possível criar a assinatura elétrica de cada equipamento. Quando vários equipamentos estão ligados no mesmo ponto elétrico, o mesmo conceito é aplicado para definir a assinatura elétrica do conjunto de equipamentos. Esse primeiro processo é chamado de caracterização. As assinaturas são então comparadas temporalmente com o sinal atual para identificar semelhanças e determinar se o equipamento está ligado. Esse segundo processo do sistema NILM é chamado de classificação. A figura 4 ilustra as duas etapas do processo NILM de identificação.

Figura 4 – Processos NILM

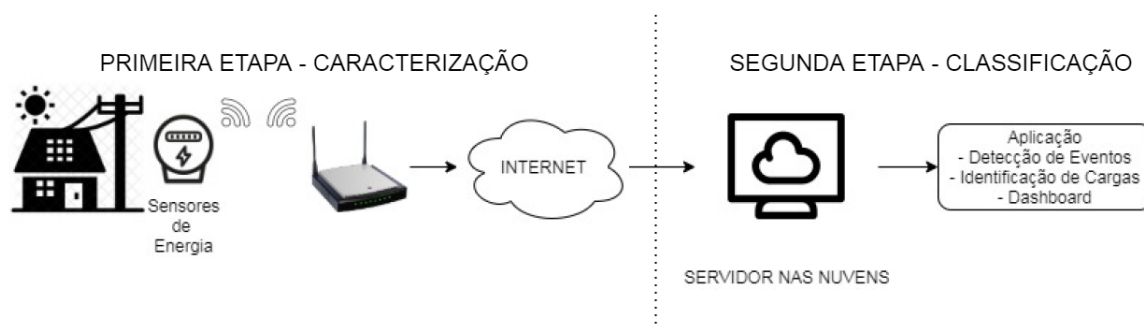


Figura 5 – Processos NILM

Fonte: Autor(2020)

A assinatura elétrica de um equipamento é comumente conhecida nos sistemas considerados *smart grids*, como elemento chave na identificação de cargas. Com isto, é necessário cuidado na hora de se colher a assinatura de uma determinada carga, pois a mesma poderá influenciar na exatidão do software ou algoritmo que identifica e classifica a carga ou até mesmo gerar identificações errôneas. Com isso também atua diretamente na robustez do software na identificação das cargas que estão na rede, principalmente quando possuem consumo parecido, podendo fazer gerar falsos positivos de identificação de cargas em funcionamento.

Ao se estudar sistemas NILM, é comum o pesquisador estudar cenários que não possuem padrões de cargas pré estabelecidas. Em PAIXAO et al. (2016) contrariando as principais linhas de estudo do tema, se colocou como objeto um cenário de cargas semelhantes, algo incomum em cenários de usuários residenciais. Outra observação, é o acionamento das cargas de forma síncrona e separadamente, fato que facilita a identificação. O trabalho de BARCELOS et al. (2019), também adotou a atribuição de um ambiente próximo a realidade usuários residenciais, mas também com cargas altamente similares, alcançando resultados passíveis de conclusões de identificação de cargas de forma desagregada e pode contribuir com o estado da arte em que foi publicado.

Este trabalho procura explorar as técnicas de desagregamento de cargas de forma não invasiva em um ambiente que simula o consumo elétrico residencial. Espera-se contribuir para a pesquisa nessa área por meio da abordagem do conceito NILM e do foco em algoritmos de detecção de eventos. Serão apresentados conceitos e terminologias básicas frequentemente utilizados nesse campo de estudo.

3.1 PROPOSTA E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Com a disponibilização dos *datasets* REDD, os estudos em NILM se intensificaram ao redor do mundo em toda comunidade acadêmica, contudo, a maioria das técnicas estudadas são baseadas nos datasets já conhecidos, com os mesmos ambientes, mesmas situações, e no caso é possível até mesmo saber o que esperar ou o que seria desejável se obter como resultado, que para efeito de desenvolvimento e estudo de novas técnicas e obtenção de resultados mais precisos é bem válido na área acadêmica. Contudo, quando se coloca em prática em ambientes diferentes, situações novas aparecem e novas perspectivas para serem exploradas se revelam ao ponto de poderem trazer novos temas e conseqüentemente novas possíveis soluções.

Este trabalho foca em criar uma arquitetura completa de aquisição e detecção de dados semi-supervisionado a fim de poder colocar em prática todo o objetivo do estudo e ainda se obter resultados os mais próximos do real a serem alcançados. Assim será criada uma base de dados temporal vinda de um ambiente residencial (apartamento) de 2 quartos, sala, cozinha e banheiro, com todos os parâmetros de energia como tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, fator de potência e energia consumida total.

Com o objetivo de se obter confirmação mais assertiva, foi escolhido o método de aprendizado semi-supervisionado, onde é monitorado o quadro de entrada do apartamento, e os principais eletrodomésticos como: chuveiro, geladeira, freezer, máquina de lavar e ar-condicionado.

3.2 METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES DO COMPORTAMENTO DAS CARGAS

Para início do estudo do processo de determinação do padrão, e necessário ter uma forma de detecção de chaveamento de carga, ou seja, uma forma de se identificar quando uma carga entrou no circuito, e assim será realizado o estudo de detecção de chaveamento (e sera referenciado como "evento") e a metodologia de análise de identificação da carga chaveado. Na metodologia, sera levantada a faixa de oscilação típica de parâmetros adotados para o estudo: corrente, potência ativa e potência reativa das cargas aferidas.

3.2.1 Definição dos Limites de Oscilação

Para a definição dos limites de oscilação do fator que compõe o algoritmo de detecção foram denominadas algumas siglas como DMA Máximo e DMA Mínimo, sendo que tais valores se referem a valores extremos encontrados em um determinado período. Para este trabalho, será adotado a quantidade de 5 amostras para cada análise. A figura 6 apresenta tais parâmetros, assim como o *Set Point* intitulado VR que representa a referência central.

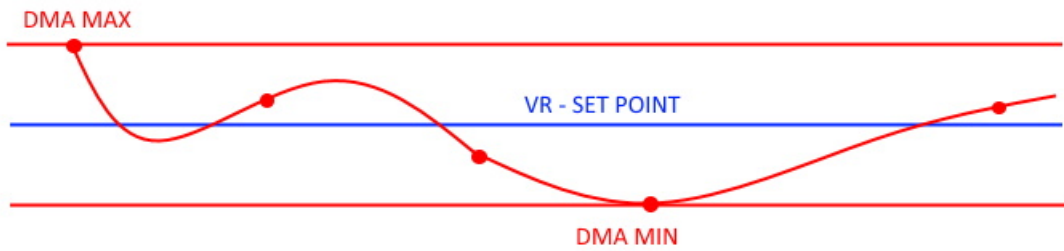


Figura 6 – Representação dos limites máximos

Fonte -

Com os valores DMA máximo e DMA mínimo determinados é possível determinar o valor do VR - Set Point , que se refere ao valor central entre os limites determinados pelos parâmetros DMA Máximos e Mínimos, sendo o mesmo determinado pela equação 3.1.

$$VR = \frac{DMA_{maximo} - DMA_{minimo}}{2} + DMA_{minimo} \quad (3.1)$$

Formula de como achar o VR - Set Point - (ONUKEI et al., 2018a)

3.2.2 Definição do Padrão de Carga

Para possibilitar determinação de padrão de carga, foi criado uma Banda de Excursão, considerando um valor de Margem de Erro chamado de ME, para mais ou para menos, com a finalidade de aumentar a faixa de averiguação dos dados analisados, como observado na figura 7. O valor a ser adotado pelo usuário baseia-se na percepção do comportamento dinâmico das variáveis a serem analisadas.

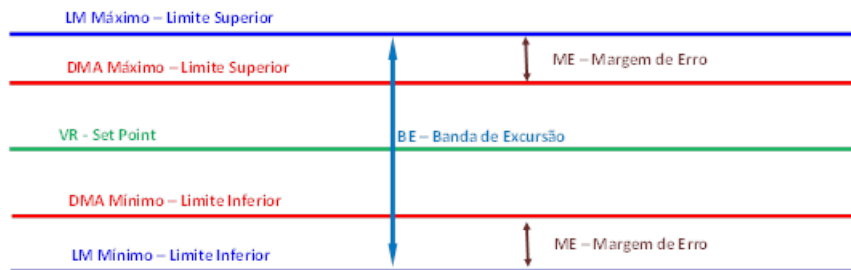


Figura 7 – Banda de Excursão considerando a margem de erro

Portanto para determinar o padrão de uma determinada carga foram utilizados os parâmetros VR, LM Máximo e Mínimo, onde os mesmos estão ilustrados na figura 8 .

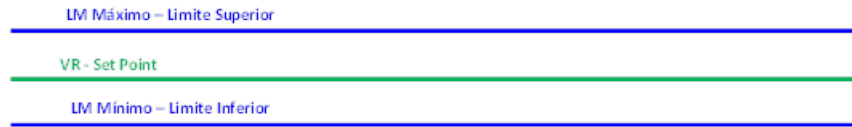


Figura 8 – Determinação dos limites máximos e mínimos

3.2.3 Ponderação das Amostras

Com o objetivo de se obter um passo a mais na possibilidade de se identificar assinaturas de cargas, inicialmente é necessário uma forma de se obter um ranqueamento dos resultados entre as cargas para poder gerar resultados estatísticos e assim poder classificá-los. Tal procedimento tem o objetivo de verificar a semelhança de um grupo de medição (corrente e potências) de um equipamento com padrões preestabelecidos. Assim, de acordo com (ONUKEI et al., 2018a), para realizar o ranqueamento do conjunto de amostras, primeiramente é necessário o processo de ponderação de cada valor, associando o mesmo a um valor entre os limites de 0 a 1 conforme parâmetros determinados pelos padrões já cadastrados, sendo que tal variável foi chamada de VLP. O valor “0” irá representar o valor igual ao VR Set Point, e “1” irá representar valor igual ou maior que os limites determinados por LM Máximo ou Mínimo. Vale ressaltar que, caso a amostra estiver fora da faixa em questão o VLP assume valor igual a “1”, e é determinado para o intervalo por “LM Mínimo \leq Amostra \leq LM Máximo” através da expressão 3.2.

$$VLP = \frac{Amostra - LMSetPoint}{\left(\frac{LMMaximo - LMMinimo}{2}\right)} \quad (3.2)$$

Fomula VLP - (ONUKEI et al., 2018b)

3.2.4 Processo para realizar o ranqueamento

Para se obter os primeiros resultados, ante de se iniciar o processo de identificação das cargas, é necessário ter um conjunto de informações base para servir de comparação as assinaturas elétricas. Em (ONUKEI et al., 2018b), foram aferidas 9 cargas consideradas típicas individualmente, a fim de se ter similaridade de assinatura elétrica. Tais informações foram basicamente uma quantidade limitada de medições (corrente, Potência Ativa e Potência Reativa), para serem comparadas com as medições das cargas a serem identificadas. Então para tal processo, em (ONUKEI et al., 2018a), são realizadas aferições de cargas de forma individual levantando por amostragem (20 de cada carga) para através destas, realizar o ranqueamento. Para complementação do algoritmo deste trabalho, o processo de aquisição das assinaturas elétricas, o treinamento, serão baseados da mesma forma que foi realizada em (ONUKEI et al., 2018a), serão coletadas 20 amostras de cada carga proposta

no estudo, cada conjunto de amostras serão armazenadas em um banco de dados, e serão utilizadas no processo de comparação e identificação no processo do algoritmo.

3.3 ALGORITMO FOCO DESTE ESTUDO

Os algoritmos revisados bibliograficamente, adotados e desenvolvidos, irão suprir a necessidade de treinamento, detecção de eventos (verificação de entrada de cargas no circuito), confirmação, análise da janela detectada e identificação da assinatura elétrica do evento.

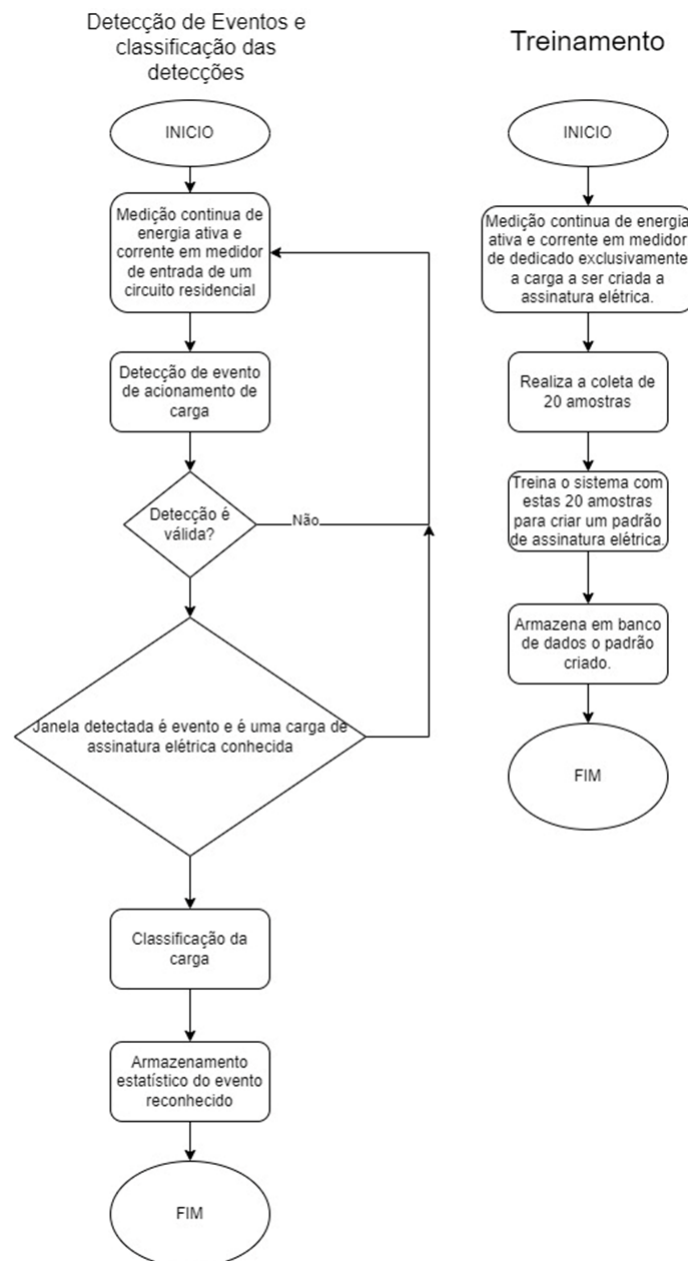


Figura 9 – Fluxograma de algoritmos a serem utilizados e desenvolvidos neste estudo

4 DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA PARA TESTES DOS ALGORITMOS

Este capítulo tem foco na descrição do desenvolvimento da plataforma de testes dos algoritmos desenvolvidos.

4.1 ARQUITETURA DA PLATAFORMA DE TESTES

Este trabalho foca em criar uma arquitetura completa de aquisição e detecção de dados semi-supervisionados a fim de poder colocar em prática todo o objetivo do estudo e ainda se obter resultados os mais próximos do real a serem alcançados. Assim foi criada uma base de dados temporal vinda de um ambiente residencial (apartamento) de 2 quartos, sala, cozinha e banheiro, com todos os parâmetros de energia como tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, fator de potência e energia consumida total.

Com o objetivo de se obter confirmação mais assertiva, foi escolhido o método de aprendizado semi-supervisionado, onde é monitorado o quadro de entrada do apartamento, e os principais eletrodomésticos como: chuveiro, geladeira, freezer, máquina de lavar e ar-condicionado. Para tanto, foi necessária a criação uma infraestrutura de medição, junto a uma infraestrutura de comunicação (rede de sensores e comunicação) e alocar um servidor em nuvem para processamento das informações, conforme descrito na figura 10.

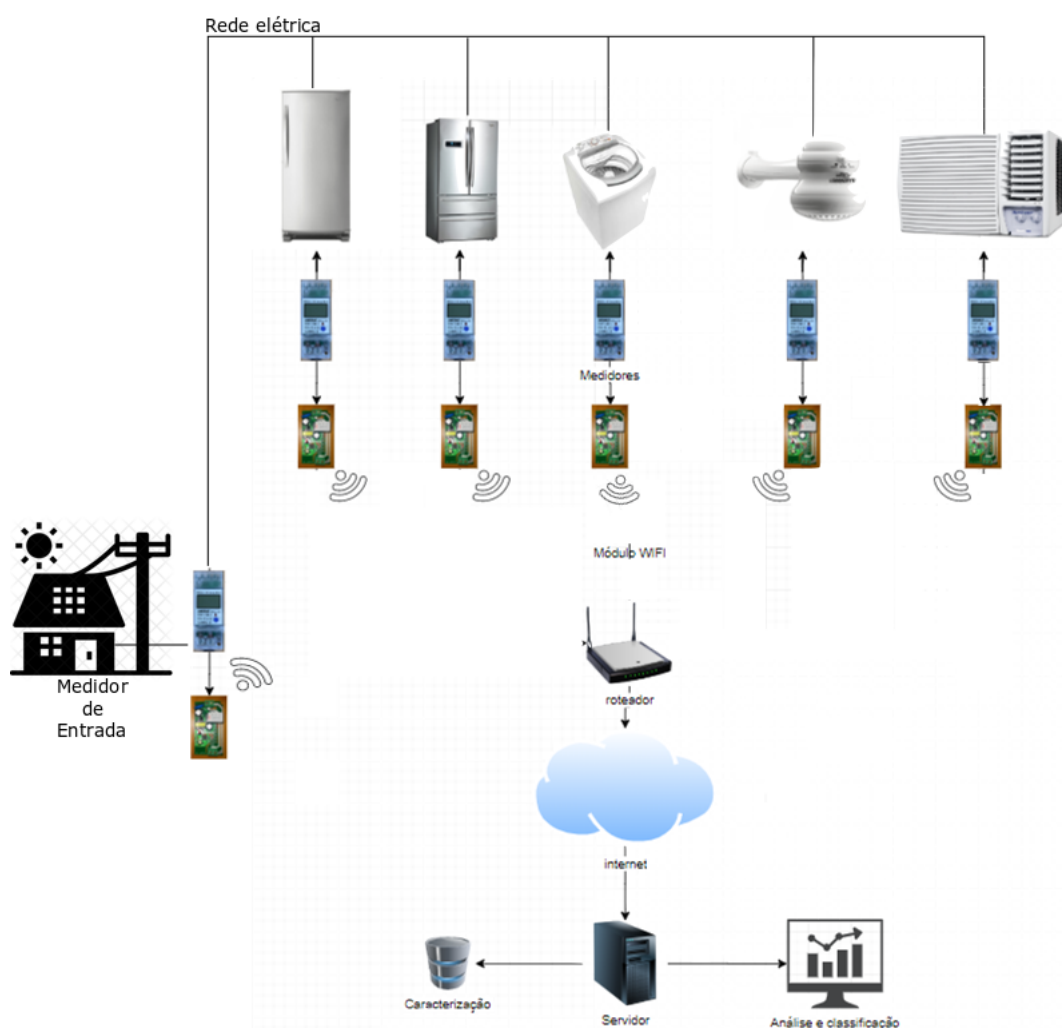


Figura 10 – Arquitetura da plataforma de testes

Fonte: Autor(2020)

O dado é captado através de um medidor de energia elétrica padrão classe B, onde se comunica com um módulo Wifi através do meio RS485 utilizando o protocolo de comunicação MODBUS¹, onde os dados recebidos e são enviados diretamente ao servidor hospedado nas nuvens, através do protocolo MQTT², sendo armazenado em banco de dados de série temporal (*Time Series Database*) chamado Influxdb³, processado através de uma aplicação desenvolvida, utilizando a linguagem de programação Python e disponibilizado em Dashboard de aplicação de código aberto chamada Chronograph. Os parâmetros a serem sensorados são: Tensão, corrente, Potência ativa, potência reativa, fator de potência e energia consumida. A taxa de amostragem foi de 10 segundos.

¹ MODBUS - Protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial.

² MQTT - Message Queue Telemetry Transport (Fonte: <https://mqtt.org>)

³ Influxdb - Banco de dados de série temporal de código aberto (Fonte: <https://www.influxdata.com/>)

4.1.1 Descrição dos Equipamento da Plataforma de testes

Cada equipamento de medição se baseia em limites de operação consideráveis e toleráveis para cada aplicação a ser utilizado. Medidores de energia elétrica, se baseiam classes de precisão (A, B, C e D), onde em um medidor classe B por exemplo devem ser considerados erros máximos de 2% de precisão para energia ativa (para outros parâmetros são considerados outros valores). Para este objeto de estudo foram utilizados equipamentos do mais reduzido custo monetário, mas, contudo, que possam ainda seguir os padrões base da NBR 14520. Nos próximos itens serão relacionados os equipamentos utilizados no objeto deste estudo e suas características técnicas.

4.1.2 Medidores de Energia

O medidor escolhido é do fabricante de origem chinesa, desenhado para medição residencial com comunicação de dados MODBUS através de RS485 (com isolamento galvânica).



Figura 11 – Medidor de energia DDS238-2 da empresa Hiking

Fonte: Fabricante Hiking - (CHINAENERGYMETER, 2020)

O modelo do medidor é DDS238-2 que possui as seguintes características técnicas:

Tabela 2 – Especificações técnicas medidor de energia DDS238-2

Fonte: (CHINAENERGYMETER, 2020)

Tensão de trabalho	110V, 120V, 220V, 230V, 240V
Range de Tensão	0.8 1.2Un
Corrente de trabalho	5(65)A, 5(30)A, 10(40)A, 5(60)A
Frequência de trabalho	50Hz ou 60Hz
Modo de conexão	Conexão direta
Display	LCD
Classe de precisão	Classe 1 ou Classe B
Potência consumida	<2W/10VA
Corrente mínima	0.004Ib
Constante	800 3200 IMP/KWh
Saída de pulso	Pulso passivo, largura de pulso é 80±5 ms
Normas seguidos	IEC62053-21, DL/T645-2007 ou MODBUS-RTU
Temperatura de trabalho	-30C 70C
Dimensões	H: 90mm L: 35mm C: 60 mm
Peso	Aproximadamente 0.13kg

4.2 HOMOLOGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO PARA A MONTAGEM DO AMBIENTE DE TESTE

De acordo com a norma NBR 14520, um medidor de energia elétrica classe B só poderá ser utilizado para fins de faturamento, caso ocorra cumprimento de todas as especificações de ensaios metrológicos de precisão citados na norma NBR 14520.(ABNT, 2011)

O intuito deste estudo, não é trabalhar com resultantes de precificação, mas sim realização de medições de parâmetros de energia em cargas residenciais a fim de obter consumo de energia elétrico específico de cargas específicas em determinado intervalo de tempo. Assim, para efeito de homologação para o estudo proposto e comprovação da eficácia de medição, foi realizado teste de aferição de erro de corrente em uma tensão fixa, ou seja, inserção de energia elétrica para medidores de energia classe B (utilizados em consumidores de energia residenciais ou comerciais leves), utilizando um medidor padrão calibrado por um laboratório especializado e homologado pelo INMETRO, de precisão de erro de 0.05%, seguindo especificações de limite de erro percentual da norma NBR 14520.

Figura 12 – (NBR 14520) Limite de erro percentual admissível para medidores de energia ativa

% In	cos φ	Limites de erro percentual para medidores com índice de classe			
		D	C	B	A
5	1	± 0,4	± 1,0	± 1,5	± 2,5
10	1	± 0,2	± 0,5	± 1,0	± 2,0
	0,5 ind	± 0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,5
	0,8 cap	± 0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,5
20	1	± 0,2	± 0,5	± 1,0	± 2,0
50	0,5 ind	± 0,3	± 0,6	± 1,0	± 2,0
100	0,8 cap	± 0,3	± 0,6	± 1,0	± 2,0

(Medidores monofásicos e polifásicos com cargas equilibradas)

Assim, foi realizado o teste através de inserção de correntes seguindo os limites da norma NBR 14520, e 220 volts se baseando no ambiente de tensão de instalação onde os medidores foram instalados, em 220V. Assim, através de um medidor padrão, classe D, com 0,05% de erro, foram medidas energia ativa, reativa (fatores de potência 0.5, 0.8 e 1, capacitiva e indutiva).

Tabela 3 – Teste de aferição de medição de corrente elétrica

Tensão	Corrente	Fator de Potência	erro(%)
220	5	1	0,82
220	10	1	0,9
220	20	1	0,1
220	50	1	0,1
220	65	1	0,13
Tensão	Corrente	Fator de Potência	erro(%)
220	5	0.8 Indutivo	0,0069
220	10	0.8 Indutivo	0,3729
220	20	0.8 Indutivo	0,2394
220	50	0.8 Indutivo	0,5591
220	65	0.8 Indutivo	0.5166
Tensão	Corrente	Fator de Potência	erro(%)
220	5	0.8 Capacitivo	1,47
220	10	0.8 Capacitivo	0,1016
220	20	0.8 Capacitivo	0,5194
220	50	0.8 Capacitivo	1,0067
220	65	0.8 Capacitivo	1,06
Tensão	Corrente	Fator de Potência	erro(%)
220	5	0.5 Indutivo	0,2012
220	10	0.5 Indutivo	0,0275
220	20	0.5 Indutivo	1,4961
220	50	0.5 Indutivo	1,6071
220	65	0.5 Indutivo	1,567
Tensão	Corrente	Fator de Potência	erro(%)
220	5	0.5 Capacitivo	2,8106
220	10	0.5 Capacitivo	3,5499
220	20	0.5 Capacitivo	2,066
220	50	0.5 Capacitivo	1,9633
220	65	0.5 Capacitivo	2,001

Os resultados apresentados demonstram a capacidade e precisão dos medidores de energia, e apesar da norma pedir teste em 100A, os medidores escolhidos tem capacidade de

medição de corrente de até 65A, sendo assim, foi necessária a adaptação do teste realizado para no máximo 65A tendo sido respeitada cada especificação do tipo de energia ativa e reativa necessária através dos fatores de potência acima citados. Apesar de não ter sido um teste de aferição completo seguindo todas as recomendações da norma vigente, para efeito de estudo e o objetivo de comprovar a acurácia dos medidores, o teste torna-se válido.

4.2.1 Instalação dos Equipamentos

Como já descrito, para efeito comprobatório, foi instalado um medidor em cada carga (figura 14 até figura 18), com o objetivo de comprovar a funcionamento do sistema. Começando pelo quadro de entrada:

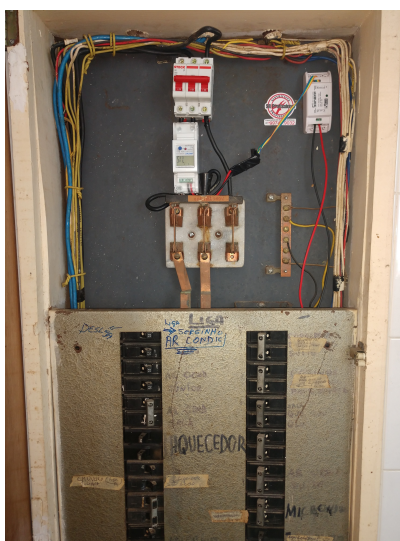


Figura 13 – Instalação do medidor de energia no quadro de entrada do apartamento

Seguido pela carga portátil, o secador. O secador é a única carga que o usuário pode levar o medidor junto no momento da utilização.



Figura 14 – Instalação do medidor de energia no Secador

Tabela 4 – Características elétricas básicas da Carga Ar-condicionado

Fonte: Própria do Autor

Características do equipamento	
Marca	Taiff
Modelo	BLACK
Tensão	220V
Frequência	60Hz
Corrente	7,7A
Potência	1700W

Para a instalação do medidor, foi necessário a instalação de uma caixa de proteção para evitar umidade e mudanças de temperaturas por ser instalado diretamente no mesmo.



Figura 15 – Instalação do medidor de energia na carga Chuveiro
Quadro de entrada da instalação

Tabela 5 – Características elétricas básicas da Carga Chuveiro

Fonte: Própria do Autor

Características do equipamento	
Marca	Lorenzetti
Modelo	Bello Banho
Tensão	220V
Frequência	60Hz
Corrente	30A
Potência	5500W

A maquina de lavar, o medidor foi instalado diretamente, buscando uma melhor posição para captação do sinal de comunicação do transmissor wi-fi.



Figura 16 – Instalação do medidor de energia na carga Máquina de Lavar

Tabela 6 – Características elétricas básicas da Carga Máquina de Lavar

Fonte: Própria do Autor

Características do equipamento	
Marca	Electrolux
Modelo	LT15F
Tensão	220V
Frequência	60Hz
Corrente	2,0A
Potência	510W

A geladeira, da mesma forma que o freezer, o medidor foi instalado diretamente na tomada.



Figura 17 – Instalação do medidor de energia na carga Geladeira

Tabela 7 – Características elétricas básicas da Carga Geladeira

Fonte: Própria do Autor

Características do equipamento	
Marca	Brastemp
Modelo	JE1693228
Tensão	220V
Frequência	60Hz
Corrente	0,6A
Potência	95W

A instalação da geladeira, seguiu o padrão do Freezer.



Figura 18 – Instalação do medidor de energia na carga Freezer

Tabela 8 – Características elétricas básicas da Carga Freezer

Fonte: Própria do Autor

Características do equipamento	
Marca	Brastemp
Modelo	JE1695898
Tensão	220V
Frequência	60Hz
Corrente	1,1A
Potência	150W

Assim todos os medidores foram instalados diretamente em cada carga e diretamente no quadro de entrada.

4.3 SISTEMA DE SUPERVISÃO E REGISTRO DE MEDIÇÃO

O sistema de supervisão desenvolvido, possui características de funcionamento de conectividade e infraestrutura dependente de conexão com internet e wi-fi.

4.3.1 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema conectado diretamente a nuvem, proporciona ao projeto uma pequena parcela de cunho teórico e prático de internet das coisas, onde todos os dados são enviados diretamente ao banco de dados do servidor em nuvem.

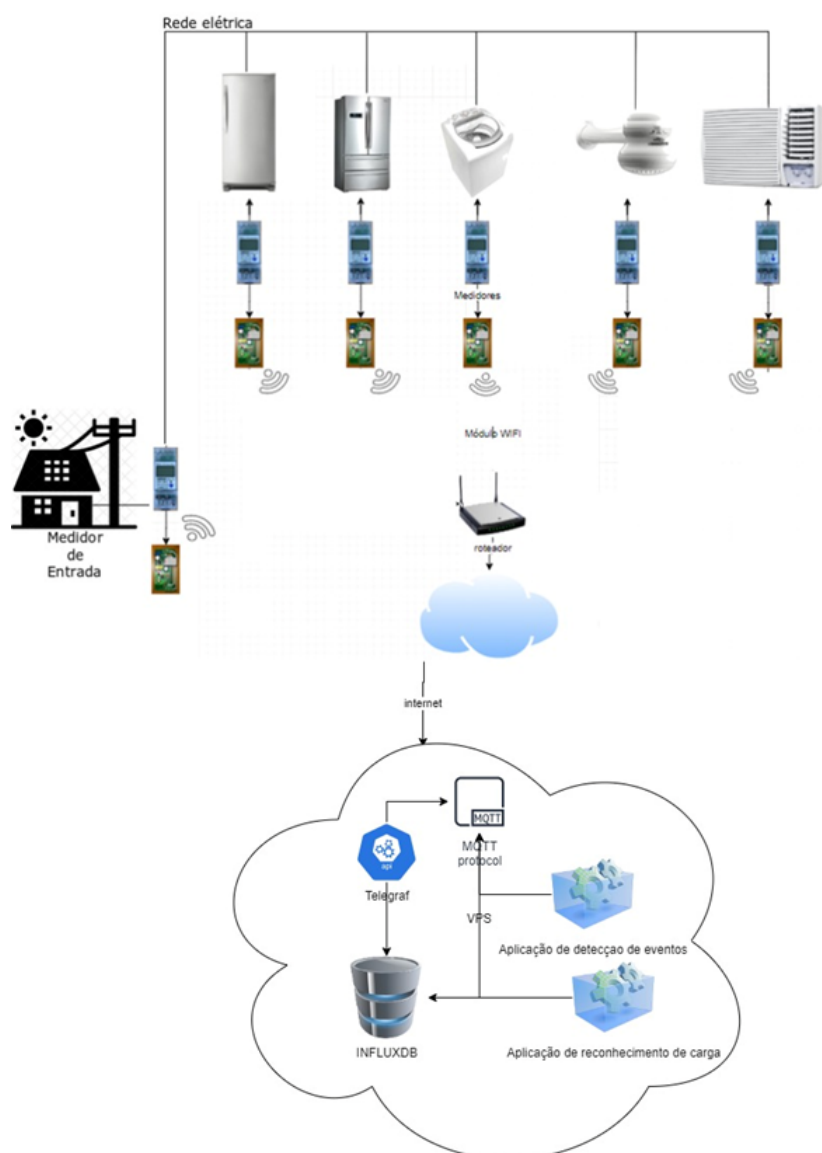


Figura 19 – Arquitetura dos sistema com a adição do sistema que hospeda os softwares em nuvem

4.3.2 Banco de dados

O banco de dados escolhido para armazenamento dos dados foi o banco de dados de série temporal chamado influxdb. Escrito na linguagem de programação Go, tem como principal característica a não oneração do sistema operacional ao se referir a grande quantidade de leituras e escritas em um mesmo banco de dados em pequenos espaços de tempo. Muito usado para desenvolvimento de sistemas supervisórios, projetos de internet das coisas, e análises em tempo de operação. Como propósito deste sistema, é estar apto a receber grandes quantidades de dados, o influxdb foi escolhido para a função.

4.3.3 Integração dos Equipamentos

A integração dos sistemas se deu principalmente pelo meio de conexão sem fio local e pelo meio de um link de internet. Tais meios de comunicação colaboram para a informação chegar ao servidor em nuvem, para poder ser armazenado e processado possibilitando o estudo em questão. A figura 20 faz a representação da arquitetura.

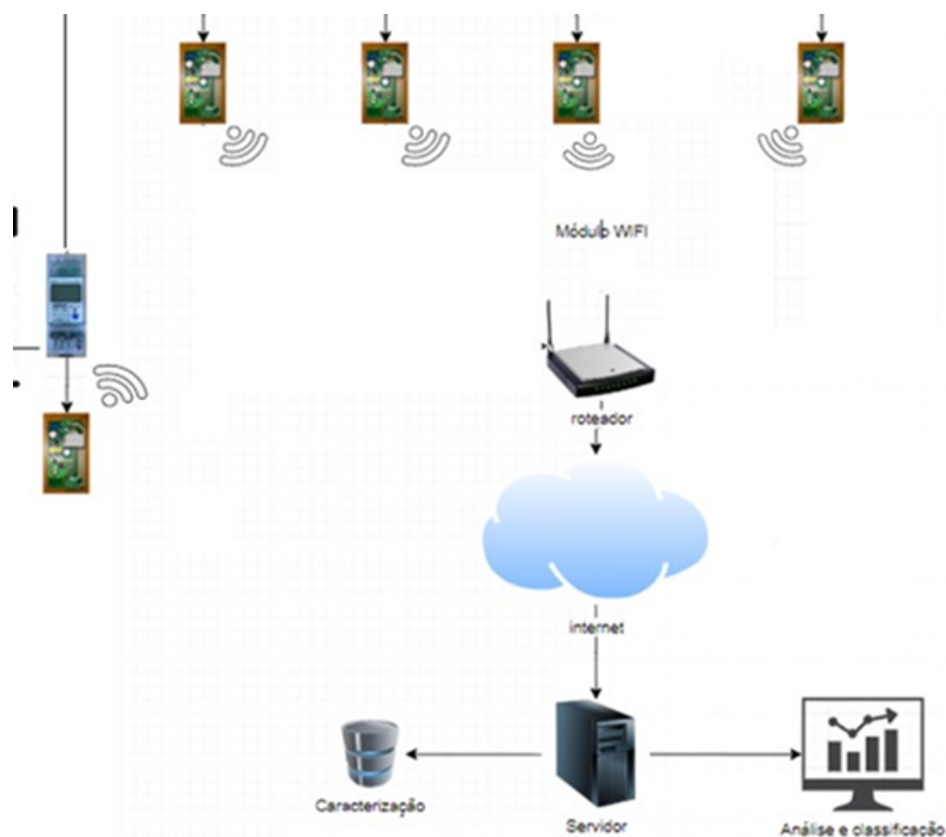


Figura 20 – Arquitetura integrada com o sistema em nuvem

Assim que instalado e arquitetado todo o sistema em nuvem, pode se iniciar as medições.

4.3.4 Testes de Medição Iniciais

Os primeiros resultados foram obtidos quando o sistema foi iniciado e os parâmetros de reconhecimento de assinatura foram estabelecidos para começar a verificar a detecção de equipamentos conectados à rede através do medidor de entrada. Para estabelecer os parâmetros de detecção, foi necessário criar um procedimento que gerasse padrões de carga para fins comparativos, permitindo que o sistema identificasse as assinaturas elétricas. Este procedimento concentrou-se na aquisição de amostras dos medidores instalados em cada carga individualmente. O usuário pode então analisar dados gráficos sobre corrente e potência ativa para entender o comportamento do consumo do equipamento em condições normais de operação.



Figura 21 – Gráfico comparativo de todos equipamentos em comparação ao Quadro de entrada

Plataforma de medição de energia - Dashboard - Autoria Própria - parâmetros em sequencia da esquerda para direita: Tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, Fator de potência e energia consumida até o momento

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a contextualização e revisão bibliográfica, a arquitetura desenvolvida foi implementada e o sistema foi colocado em funcionamento. Isso permitiu a aplicação prática da teoria desenvolvida e a obtenção dos primeiros resultados. Esses resultados consistiram na captação de dados de cargas específicas, incluindo chuveiro, geladeira, freezer, máquina de lavar e ar-condicionado, com o objetivo de gerar assinaturas elétricas. Em seguida, o sistema iniciou o reconhecimento das cargas ao longo do tempo e demonstrou os resultados mensais de detecção.

5.1 AVALIAÇÃO DA ASSERTIVIDADE DOS ALGORITMOS PARA DETECÇÃO DO CHAVEAMENTO

Para a avaliação da assertividade dos algoritmos, foram realizados testes sequenciais com cada carga específica e todo o software em arquitetura desenvolvida em nuvem. Em especifica, as aplicações foram hospedadas em computadores virtuais privados (VPS) em servidor em nuvem (empresa escolhida para hospedagem do servidor: localweb).

5.2 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO PARA DETECÇÃO DO CHAVEAMENTO

O problema principal caracterizado nesta linha de estudo, é se obter quando ocorreu um chaveamento de carga, seja ela qualquer, e após isso, esta detecção acionar um analisador de sinal para a realização da identificação. Assim o sistema foi separado em duas etapas:

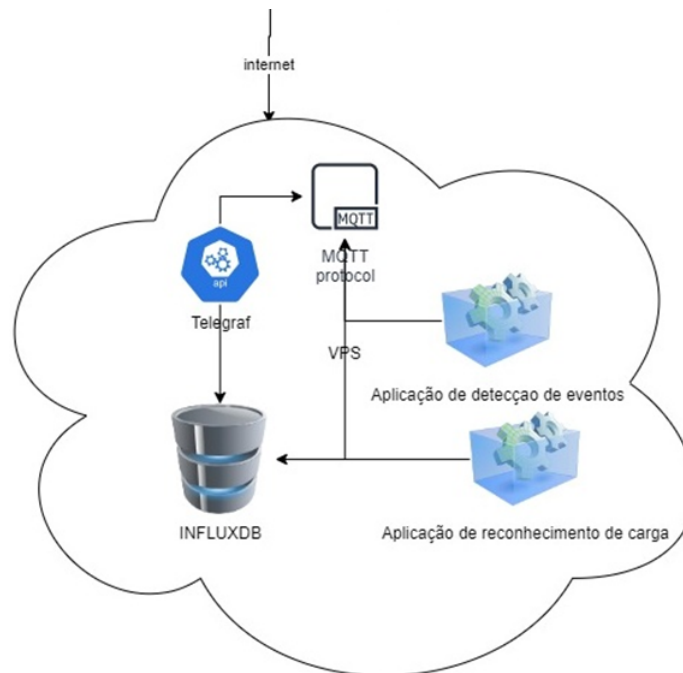


Figura 22 – demonstração da interação das duas aplicações com o MQTT e o banco de dados.

A figura 22 demonstra a interatividade das duas aplicações:

- Aplicação de detecção de eventos;
- Aplicação de reconhecimento de carga.

A aplicação de detecção de eventos é responsável por monitorar novos possíveis chaveamentos de carga e enviar estes valores, o delta, diretamente a aplicação de reconhecimento de carga, para então a mesma realizar a coleta de 20 amostras e poder realizar as comparações e o ranqueamento dos resultados com o fim de realizar o reconhecimento das cargas.

5.3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DOS TESTES

Como metodologia, são realizados testes de detecção de chaveamento em todas as cargas estudadas: secador, freezer, geladeira, chuveiro, maquina de lavar. O objetivo é observar a capacidade do sistema em detectar uma nova carga acionada no circuito. Na sequência, é realizado a verificação do envio do evento ao segundo software, o de classificação.

O software de classificação, assim que recebido o evento de acionamento de carga, realiza a coleta de 20 amostras consecutivas, para então realizar o calculo de ponderação VLP, e com o resultado poder realizar o ranqueamento, para a conclusão da classificação e anuncio da detecção da carga identificada.

5.4 AVALIAÇÃO DA DETECÇÃO DO CHAVEAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Para detectar o evento, o sistema deve ter como base a técnica de janelas com margens já descrita neste trabalho. Em Azzini 2017, relata a necessidade de se evitar mais de um evento no intervalo na detecção da janela. O intervalo de detecção deve ser pequeno suficiente, mas da mesma forma, deve ter o tamanho suficiente para conter o período de transição que nota o acontecimento do evento, ou seja, as duas margens para cálculo de magnitude do evento. Para base de detecção, assim foram adicionados a confirmação de 5 amostras a mais para confirmação do acontecimento, podendo assim ser demonstrada graficamente.

5.4.1 Secador

O secador de cabelo é um equipamento elétrico que possui motor de indução e resistência de aquecimento, sendo o estudo um processo para detecção dos registros de chaveamento foram apresentados nos itens descritos a seguir.

(a) Levantamento dos Registos do Eventos

Para o teste de detecção do secador, foi realizada a conexão e desconexão da carga do mesmo, para avaliação de detecção do evento com intervalo de 2 minutos entre cada ação, e para a identificação do tipo da mesma, 20 amostras são esperadas para haver a capacidade de aplicação do algoritmo de reconhecimento. O secador em específico, possui dois estágios que demonstram comportamento distintos, estágio quente e estágio frio, que demonstram um comportamento considerável de potência ativa, sendo assim necessário o treinamento de ambos estágios separadamente. Quando selecionado o estágio quente, a medição de potência reativa demonstrou ter um nível de relevância menor diante da detecção, demonstrando aparecer apenas nos estágios considerados frios, onde a resistência do secador é desligada e permanece apenas o motor.

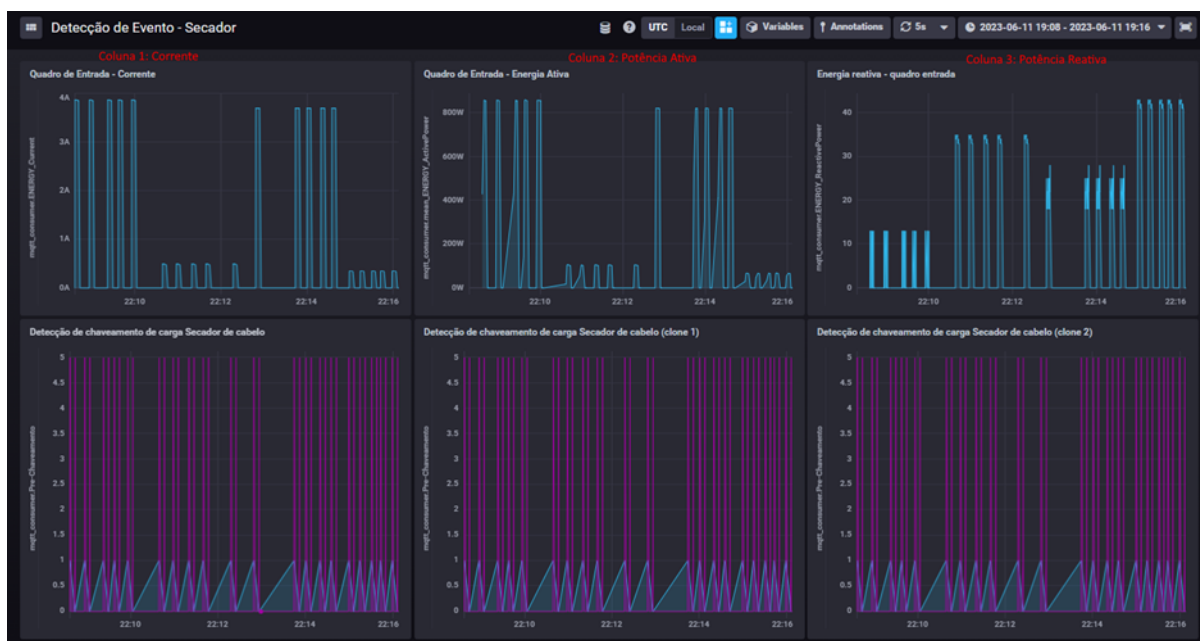


Figura 23 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.

Para estes testes, o sistema foi treinado para reconhecer os quatro estágios do secador:

- Quente na potência máxima (com a resistência que aquece o ar ligado);
- Quente na potência mínima (com a resistência que aquece o ar ligado);
- Frio na potência máxima (sem a resistência que aquece o ar);
- Frio na potência mínima (sem a resistência que aquece o ar);

Na figura 24, é demonstrado três colunas de gráficos, e duas linhas. A primeira coluna linha 1, demonstra a medição de corrente, a segunda coluna ainda linha 1, potência ativa, e a terceira, potência reativa. As medições são vindas do medidor de energia instalado no quadro geral do ambiente. A segunda linha de gráficos, em todas as colunas, os gráficos são a representação da detecção de cada evento de acionamento (seja de ligar ou desligar) da carga.



Figura 24 – Demonstração da detecção de cada estágio do secador.

(b) Percentual da Assertividade na Detecção da Conexão

A figura 24 apresenta seis gráficos organizados em três colunas de duas linhas. A primeira linha da coluna 1 mostra a medição de corrente no quadro de entrada. A segunda linha, na cor azul, chamada no sistema de “Ligou/Desligou”, o valor “1” indica a detecção de uma carga em conexão, e na cor roxa, apelidada de “Pré-Conexão”, as cinco confirmações das detecções, onde ao passar do valor 5, confirma a detecção do evento e volta ao valor 0.

Na segunda coluna, a primeira linha demonstra a energia ativa do quadro de entrada assim como na terceira coluna energia reativa. Já a segunda linha, da mesma forma que a primeira coluna, tem as mesmas variáveis e significados, contudo vindas das análises de energia ativa e reativa. No quesito de detecção de eventos, notou-se que apenas os parâmetros de corrente e energia ativa são suficientes para se detectar um evento de conexão ou desconexão de uma carga. Para efeito de confirmação o teste foi realizado cinco vezes para obtenção de dados estatísticos de teste mais precisos.

Com base nos resultados apresentados graficamente, foi possível observar que todas as situações de eventos gerados pelos quatro estágios do secador foram detectadas em 100%. Entretanto, é importante ressaltar que o teste realizado foi intencional, ou seja, para fins estatísticos foi acionado intencionalmente e durante os testes nenhuma outra carga foi acionada no processo que não fosse o secador. Caso contrário, o sistema de detecção reiniciaria a contagem de confirmação de cinco amostras e aguardaria uma nova detecção.

(c) Percentual da Assertividade na Detecção da Desconexão

Como já descrito, a desconexão é representada seguindo o mesmo padrão, contudo com tendência ao valor zero, seja em potência ativa, reativa ou corrente. O resultado foi idêntico a detecção de conexão.

(d) Avaliação do comportamento dos Algoritmos

O algoritmo de detecção, devido à sua sensibilidade a qualquer mudança de valores, demonstrou ser capaz de identificar uma conexão e desconexão do secador. Por se tratar de uma metodologia de detecção de janelas com margens, ao se adicionar o efeito de confirmação de cinco amostras, foi possível demonstrar efetividade de 100% nas detecções, desde que outra carga não seja acionada durante este período de análise de confirmação. Diante do cenário de amostragem de 10 segundos, o sistema poderia demonstrar uma fragilidade caso cargas intermitentes realizassem comutações em seu estado funcional podendo gerar uma falsa sensação de que o algoritmo não detectasse nenhum evento. Tal percepção poderá ser mitigada ao se aumentar o tempo de amostragem do sistema de medição, reduzindo o tempo de interrupção por outra possível carga. Apesar de haver registros de conter energia reativa no estágio Secador frio, apenas monitorando corrente e energia ativa o algoritmo demonstrou 100% de detecção. Sendo assim, nos testes sequenciais das outras cargas será abordado apenas testes de detecção de eventos nos parâmetros de corrente e potência ativa.

5.4.2 Chuveiro Elétrico

O chuveiro elétrico é equipamento elétrico considerado puramente resistivo, portanto as principais variáveis analisadas será a corrente e potência ativa, o estudo realizado para avaliar o processo de detecção de conexão e desconexão foi apresentado a seguir.

(a) Levantamento dos registros do Eventos

Para o teste de detecção do chuveiro elétrico, foi realizada a conexão e desconexão da carga do chuveiro elétrico. A avaliação de detecção do evento foi realizada com um intervalo de 2 minutos entre cada ação. Para a identificação do tipo da mesma, são esperadas 20 amostras para que haja a capacidade de aplicação do algoritmo de reconhecimento. A figura 25 apresenta seis gráficos dispostos em duas colunas de três linhas. A primeira linha da coluna 1 mostra a medição de corrente no quadro de entrada, enquanto a segunda linha mostra a medição de corrente no medidor dedicado e ligado ao chuveiro elétrico. A terceira linha apresenta, em azul, o valor “1” para a variável “LigouDesligou”, indicando a detecção de uma carga em conexão. Em roxo, a variável “Pré-Conexão” apresenta as cinco confirmações de detecção, onde ao passar do valor 5, confirma a detecção do evento e volta ao valor 0. A segunda coluna apresenta na primeira linha a energia ativa do quadro de entrada e na segunda linha a energia ativa no medidor ligado diretamente ao chuveiro.

A terceira linha apresenta as mesmas variáveis e significados da primeira coluna, porém com base nas análises de energia ativa. Quanto à detecção de eventos, observou-se que os parâmetros de corrente e energia ativa são suficientes para detectar um evento de conexão ou desconexão de uma carga.

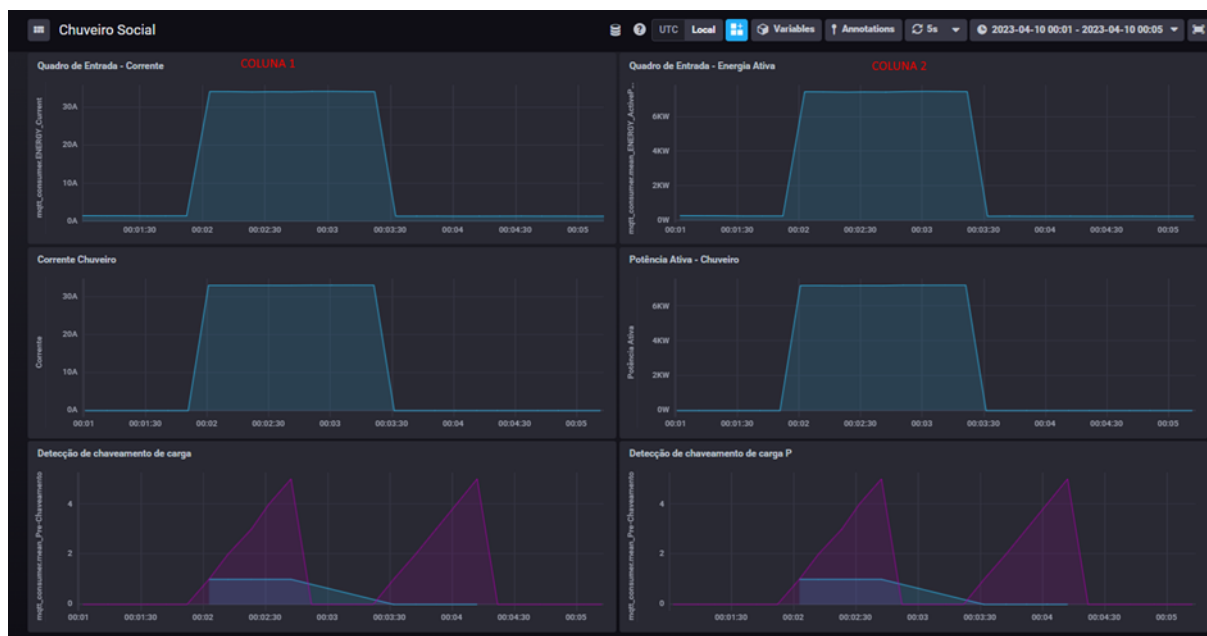


Figura 25 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa.

Para efeito de confirmação o teste foi realizado 5 vezes para obtenção de dados estatísticos de teste mais precisos.

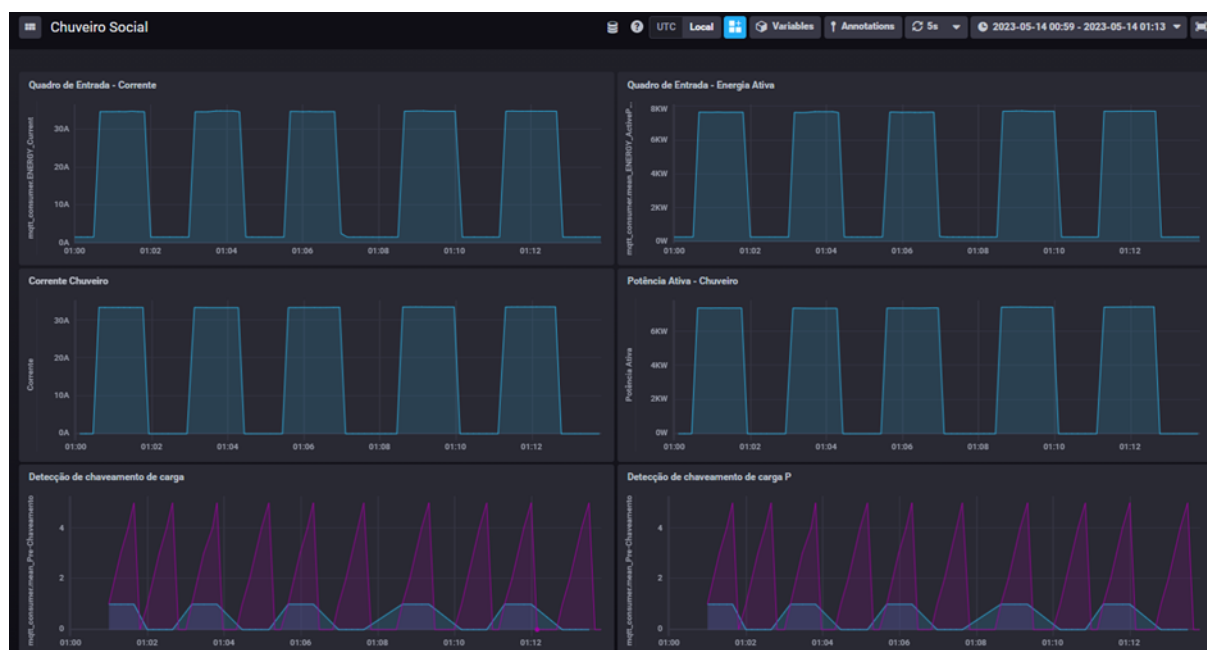


Figura 26 – Chaveamento consecutivo da carga chuveiro.

(b) Percentual da Assertividade na Detecção da Conexão

A partir dos dados registrados na figura 26, foi possível observar que a conexão realizada e registrada entre os minutos 00:02:00 e 00:03:00 foi detectada de forma efetiva. Isso pode ser confirmado pela presença de 5 confirmações na variável “Pré-Conexão”, representada em roxo na linha 3 de ambas as colunas. A linha azul, denominada “Ligou-Desligou”, apresentou o valor “1” durante as 5 confirmações, caracterizando a detecção de conexão efetiva, ou seja, a identificação da conexão de carga. Os testes foram repetidos 5 vezes, conforme demonstrado na figura 25, apresentando 100% de efetividade na detecção da carga do chuveiro elétrico.

(c) Percentual da Assertividade na Detecção da Desconexão

A partir dos dados registrados na figura 25, foi possível observar que a desconexão realizada e registrada entre os minutos 00:03:30 e 00:04:30 foi detectada de forma efetiva. Isso pode ser confirmado pela presença de 5 confirmações na variável “Pré-Conexão”, representada em roxo na linha 3 de ambas as colunas. A linha azul, denominada “Ligou-Desligou”, apresentou o valor “p” durante as 5 confirmações, caracterizando a detecção de desconexão efetiva, ou seja, a identificação da desconexão de carga. Os testes foram repetidos 5 vezes, conforme demonstrado na figura 26, apresentando 100% de efetividade na detecção da carga do chuveiro elétrico.

(d) Avaliação do comportamento dos Algoritmos

O algoritmo de detecção é capaz de identificar conexões e desconexões de cargas monitorando apenas a corrente e a energia ativa devido à sua sensibilidade a qualquer mudança de valores. Utilizando uma metodologia de detecção de janelas com margens e adicionando o efeito de confirmação de 5 amostras, foi possível demonstrar efetividade de 100% nas detecções, desde que outra carga não seja acionada durante o período de análise de confirmação. No cenário experimental com intervalo de amostragem de 10 segundos, observou-se que o sistema pode apresentar uma aparente fragilidade caso alguma carga adicional seja conectada durante o processo de medição, dando a impressão de que o evento não foi detectado pelo sistema. Isso ocorre porque o algoritmo implementado interrompe o processo de confirmação da conexão de carga por meio da aquisição de 5 amostras (com intervalo de 10 segundos entre cada amostra, totalizando 50 segundos). Dessa forma, conclui-se que, para garantir a detecção confiável de eventos de conexão de carga, o sistema necessita operar em um período livre de interrupções, de modo a completar o processo predefinido de confirmação com a aquisição das amostras sequenciais.

5.4.3 Máquina de lavar

A máquina de lavar roupa trata-se de um equipamento que possui como principal carga motores de indução, o estudo para aferir o comportamento do chaveamento do mesmo foi apresentados nos itens descritos a seguir.

(a) Levantamento dos Registos do Eventos



Figura 27 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa da carga maquina de lavar.

Para a realização dos testes de conexão e desconexão de uma carga do tipo máquinas de estados finitos (MEF), o treinamento do sistema foi realizado tanto no início quanto no final do acionamento. Isso foi escolhido devido ao fato de que o comportamento final da carga, incluindo o acionamento da bomba de água e a centrifugação, é igual em todos os estágios de funcionamento. O treinamento foi realizado através da escolha do período deste estágio da carga. Dessa forma, o equipamento notifica apenas se foi iniciado no início do acionamento da carga e ao final de seu estágio de funcionamento.



Figura 28 – Coluna 1,2 : Corrente, Potência Ativa da carga Maquina de Lavar.

Na figura 28, é evidenciado através da relação da linha 1 e 2, coluna 1, a ocorrência de eventos de semelhança equivalente, e na linha 3 também coluna 1, a sequencia de eventos detectados demonstrando a detecção da carga maquina de lavar.

(b) Percentual da Assertividade na Detecção da Conexão

A partir dos dados registrados na figura 28, foi possível observar que a conexão realizada e registrada foi detectada de forma efetiva. Isso pode ser confirmado pela presença de 5 confirmações na variável “Pré-Conexão”, representada em roxo na linha 3 de ambas as colunas. No entanto, por se tratar de uma carga MEF, os eventos aconteceram sequencialmente durante todo o ciclo de carga de funcionamento, enviando sempre o gatilho para o segundo estágio realizar a classificação. A linha azul, denominada “Ligou/Desligou”, apresentou um grande número de valores “1” durante as 5 confirmações, caracterizando a detecção de conexão efetiva, ou seja, a identificação da conexão de carga. Durante os testes, o sistema de detecção constatou uma média de 239 eventos por período de funcionamento da carga entre acionamento e desligamento. Por se tratar de uma carga MEF, esse comportamento é normal e pode ser classificado como satisfatório e funcional para o propósito.

(c) Percentual da Assertividade na Detecção da Desconexão

Como já descrito, a desconexão é representada seguindo o mesmo padrão, contudo com tendência ao valor zero, seja em potência ativa, reativa ou corrente. O resultado foi idêntico a detecção de conexão, contudo, em desconexão em sentido de.

(d) Avaliação do comportamento dos Algoritmos

Os resultados demonstrados indicam que o sistema possui alta sensibilidade na detecção de eventos, conforme demonstrado pelos resultados gráficos para uma carga do tipo MEF equivalente a uma máquina de lavar. Utilizando uma metodologia de detecção de janelas com margens e adicionando o efeito de confirmação de 5 amostras, foi possível demonstrar grande efetividade nas detecções, desde que outra carga não seja acionada durante o período de análise de confirmação. No entanto, em um cenário de amostragem de 10 segundos, o sistema pode apresentar fragilidade caso cargas intermitentes realizem comutações em seu estado funcional, gerando uma falsa sensação de que os sistemas não detectaram nenhum evento. Porém, ao se tratar de uma carga MEF, o efeito foi contrário, demonstrando uma grande amostragem de detecção de eventos.

5.4.4 Geladeira

A geladeira tem como principal carga um motor de indução que é conectado automaticamente, conforme as necessidades operacionais, sendo que o estudo para aferir a capacidade os algoritmos de detecção do chaveamento foi apresentado a seguir.

(a) Levantamento dos Registos do Eventos

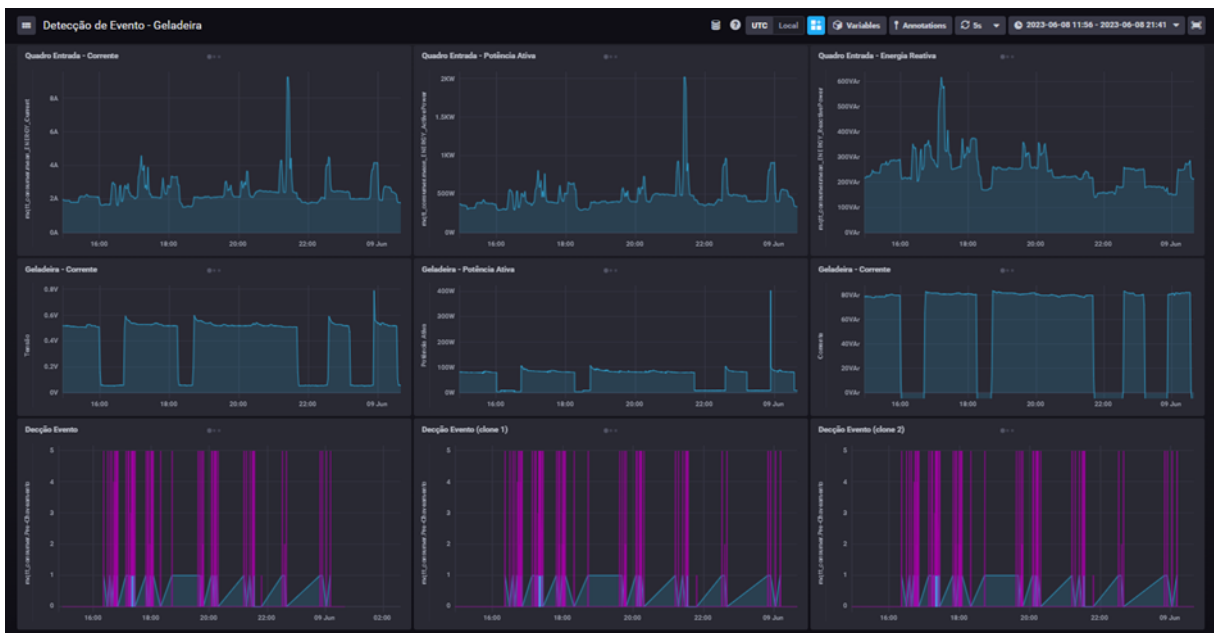


Figura 29 – Coluna 1,2 e 3 : Corrente, Potência Ativa e Potência Reativa da carga Geladeira.

A carga da geladeira, da mesma forma que a máquina de lavar, é do tipo MEF, contudo com etapas repetitivas onde controla apenas a temperatura interna, ligando e desligando-a automaticamente.



Figura 30 – Evento de detecção da carga geladeira.

A figura 30 evidencia detecção do eventos gerados pela carga geladeira.

(b) Percentual da Assertividade na Detecção da Conexão

A partir dos dados registrados na figura 30, foi possível observar que a conexão realizada e registrada foi detectada de forma efetiva. Isso pode ser confirmado pela presença de 5 evidencias grifadas em vermelho na variável “Pré-Conexão”, representada em roxo na linha 2 de todas as colunas. No entanto, por se tratar de uma carga MEF, os eventos aconteceram sequencialmente durante todo o ciclo de carga de funcionamento, enviando sempre o gatilho para o segundo estágio realizar a classificação. A linha azul, denominada “LigouDesligou”, apresentou maior clareza e um número reduzido de valores “1” durante as 5 confirmações, diferente da carga máquina de lavar, caracterizando a detecção de conexão efetiva, ou seja, a identificação da conexão de carga. Durante os testes, o sistema de detecção detectou uma quantidade precisa de eventos durante o funcionamento da carga entre acionamento e desligamento. Por se tratar de uma carga MEF, esse comportamento foi acima do esperado e pode ser classificado como satisfatório e funcional para o propósito.

(c) Percentual da Assertividade na Detecção da Desconexão

Assim como nos testes anteriores e como já descrito, a desconexão é representada seguindo o mesmo padrão, contudo com tendência ao valor zero, seja em potência ativa, reativa ou corrente. O resultado foi idêntico a detecção de conexão, porém focado em desconexão.

(d) Avaliação do comportamento dos Algoritmos

Os resultados demonstrados indicam que o sistema possui alta sensibilidade na detecção de eventos, conforme demonstrado pelos resultados gráficos para uma carga do

tipo MEF, como a geladeira, que apresenta um padrão contínuo de funcionamento, variando apenas o período em que alterna entre ligado e desligado. Utilizando uma metodologia de detecção baseada em janelas com margens e adicionando o efeito de confirmação por meio da aquisição de 5 amostras consecutivas, foi possível demonstrar uma alta efetividade na detecção de eventos, desde que nenhuma carga adicional seja conectada durante o período de análise para confirmação. Entretanto, no cenário experimental com intervalo de amostragem de 10 segundos, observou-se que o sistema pode apresentar certa fragilidade caso cargas intermitentes realizem comutações frequentes em seu estado funcional, gerando uma falsa impressão de que o sistema não detectou nenhum evento. Porém, ao se tratar de uma carga MEF, o efeito foi contrário, demonstrando uma grande amostragem de detecção de eventos.

5.4.5 Freezer

O Freezer se trata de uma carga MEF com o comportamento semelhante ao da geladeira, contudo com comportamento da carga e tempo de acionamento diferenciado, o estudo neste tipo de equipamento foi relatado a seguir.

(a) Levantamento dos Registos do Eventos

O freezer possui uma característica mais delineada, representada em seu formato gráfico dos dados, suas definições facilitam a detecção dos eventos e por consequência, facilitará na identificação da carga.

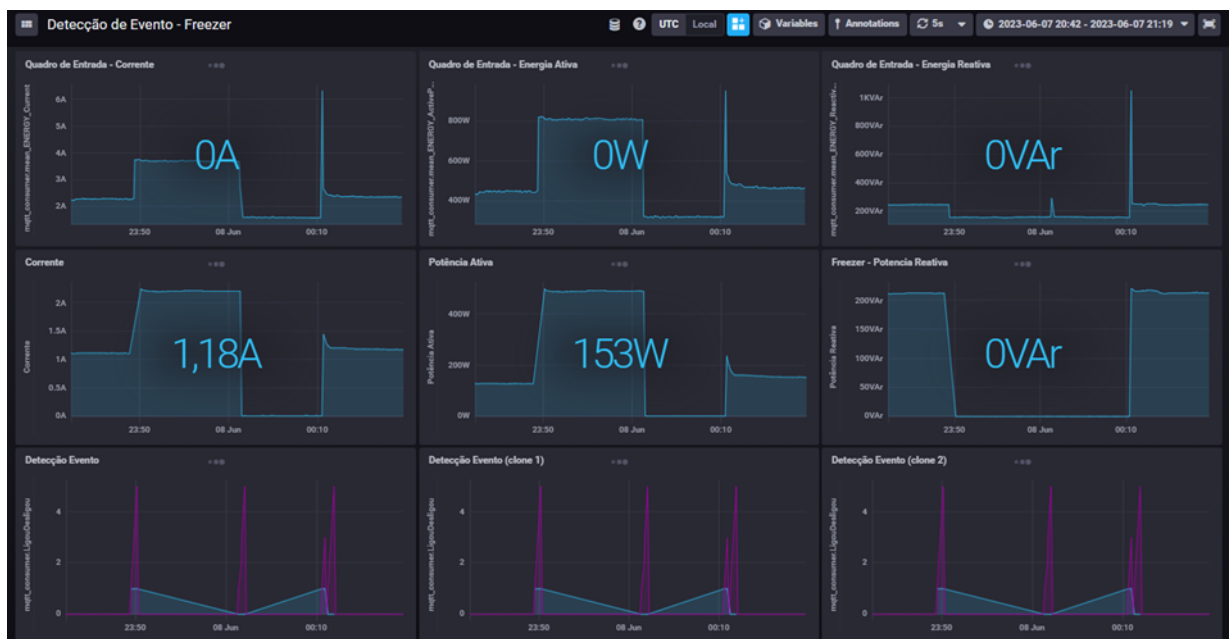


Figura 31 – Evento de detecção da carga Freezer.

A carga freezer, da mesma forma que a geladeira e a máquina de lavar, são do tipo

MEF, contudo com etapas repetitivas onde controla apenas a temperatura interna, ligando e desligando-a automaticamente.

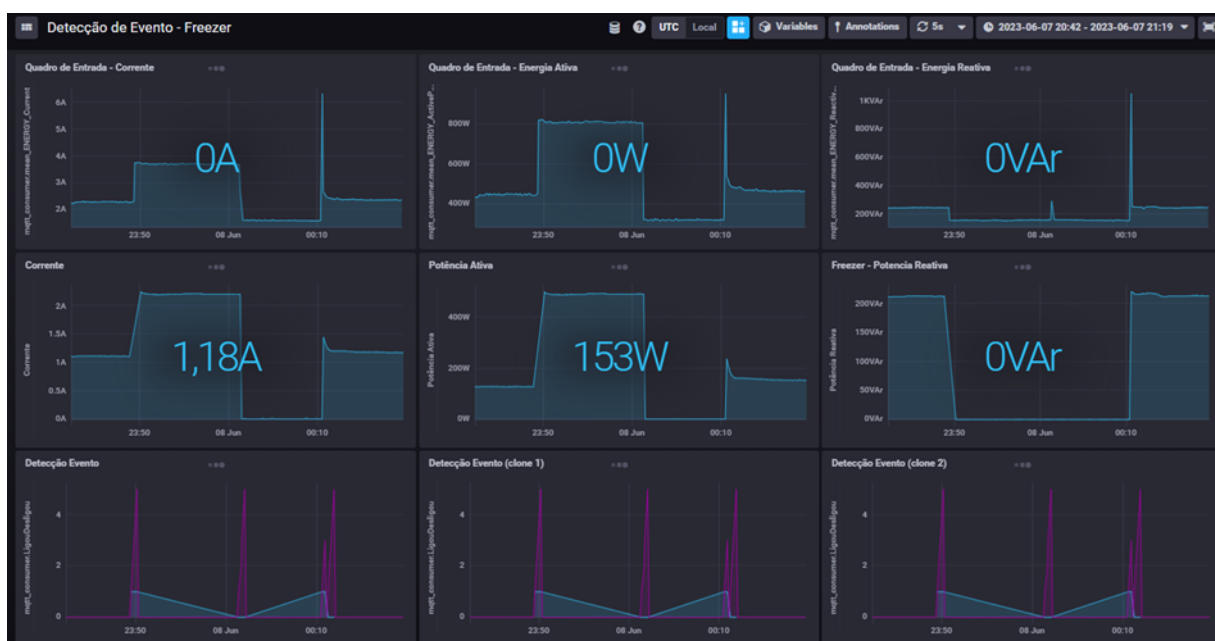


Figura 32 – Pontos de detecção de eventos da carga Freezer.

(b) Percentual da Assertividade na Detecção da Conexão

A partir dos dados registrados na figura 32, foi possível observar que a conexão realizada e registrada foi detectada de forma efetiva. Isso pode ser confirmado pela presença de 5 confirmações na variável “Pré-Conexão”, representada em roxo na linha 3 de ambas as colunas. No entanto, por se tratar de uma carga MEF, os eventos aconteceram sequencialmente durante todo o ciclo de carga de funcionamento, enviando sempre o gatilho para o segundo estágio realizar a classificação. A linha azul, denominada “Ligou/Desligou”, apresentou valores “1” durante as 5 confirmações, caracterizando a detecção de conexão efetiva, ou seja, a identificação da conexão de carga. Durante os testes, o sistema de detecção constatou cada mudança no comportamento da carga e gerou eventos pelo período de funcionamento da carga entre acionamento e desligamento. Por se tratar de uma carga MEF, esse comportamento é normal e pode ser classificado como satisfatório e funcional para o propósito.

(c) Percentual da Assertividade na Detecção da Desconexão

Semelhante ao comportamento da conexão, contudo com o sentido oposto, demonstrou da mesma forma, resultados satisfatórios diante do teste se tratar de uma carga MEF.

(d) Avaliação do comportamento dos Algoritmos

Os resultados demonstrados indicam que o sistema possui alta sensibilidade na detecção de eventos, conforme demonstrado pelos resultados gráficos para uma carga

do tipo MEF, como o freezer, que apresenta um padrão contínuo de funcionamento, variando apenas o período em que alterna entre ligado e desligado. Da mesma forma que a carga anterior, utilizando a metodologia de detecção baseada em janelas com margens e adicionando o efeito de confirmação por meio da aquisição de 5 amostras consecutivas, foi possível demonstrar uma alta efetividade na detecção de eventos, desde que nenhuma carga adicional seja conectada durante o período de análise para confirmação. Entretanto, no cenário experimental com intervalo de amostragem de 10 segundos, observou-se que o sistema pode apresentar certa fragilidade caso cargas intermitentes realizem comutações frequentes em seu estado funcional, gerando uma falsa impressão de que o sistema não detectou nenhum evento. Porém, ao se tratar de uma carga MEF, o efeito foi contrário, demonstrando uma grande amostragem de detecção de eventos conforme demonstrado na figura 32.

5.5 ANÁLISE DO PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DAS CARGAS COM O SISTEMA EM OPERAÇÃO

Após a contextualização e revisão bibliográfica, o sistema desenvolvido foi colocado em funcionamento para colocar em prática a teoria colhida e desenvolvida. Os primeiros resultados consistiram em captar dados de cada carga específica, incluindo chuveiro, geladeira, freezer, máquina de lavar e secador, com o objetivo de gerar a assinatura elétrica. Em seguida, o sistema iniciou o reconhecimento das cargas durante o tempo determinado e os resultados mensais de detecção foram demonstrados. A figura 33 mostra o histórico de valores de diferença de valores que dão origem aos eventos. Tais, são exatamente a diferença do antes e o depois do chaveamento de uma carga.



Figura 33 – Gráfico do histórico dos valores de chaveamento que dão origem aos eventos.

A partir deste ponto, os eventos são gerados e enviados ao software de classificação de carga, onde realizará o ranqueamento para comparação das cargas cadastradas no banco de dados através do processo de aprendizagem do sistema.

No instante que o sistema detecta um evento de chaveamento de carga, ele envia o resultado (através do protocolo MQTT), do delta (diferença do antes e o depois do acionamento da carga) resultante do evento, para o sistema de identificação de carga, onde estes serão a base de cálculo para identificação conforme a figura 34.

```

[DEBUG] [Resultado ListaCorrente: [3.03, 2.98, 2.0, 2.0, 1.99]]
[DEBUG] [Resultado ListaPAtiva: [575.0, 562.0, 368.0, 364.0, 363.0]]
[DEBUG] [Resultado ListaPreativa: [345.0, 351.0, 252.0, 252.0, 252.0]]
[DEBUG] [NAM: 542.2]
[DEBUG] [Valor maximo de variação VWP: 20]
[DEBUG] [Diferença entre Nam e Última medicaio: 363.0 - 542.2 = 179.20000000000005]
[DEBUG] [DELTA PROVISORIO: 363.0 - 562.0 = -199.0]
[DEBUG] [Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE AS ("Time": "2023-06-13T17:41:07",
"Nam": 542.2, "VWP": 20, "VCA": 179.20000000000005, "Pre-Chaveamento": 5, "ChaveamentoDeCarga": 0, "LigouDe
sligou": 0)]
[DEBUG]
[ [PAYLOAD RECEBIDO DO QUADRO DE ENTRADA: <built-in function id> - {u'ENERGY': {u'
ActivePower': 364.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 2.0, u'Frequency': 59.98, u'Voltage': 221.5, u'Factor': 0.82, u'ReactivePower': 252.0, u'Total': 15574.68}, u'Time': u'2023-06-13T18:41:19'}
]}
[DEBUG] [Resultado ListaCorrente: [2.98, 2.0, 2.0, 1.99, 2.0]]
[DEBUG] [Resultado ListaPAtiva: [562.0, 368.0, 364.0, 363.0, 364.0]]
[DEBUG] [Resultado ListaPreativa: [351.0, 252.0, 252.0, 252.0, 252.0]]
[DEBUG] [NAM: 542.2]
[DEBUG] [Valor maximo de variação VWP: 20]
[DEBUG] [Diferença entre Nam e Última medicaio: 364.0 - 542.2 = 178.20000000000005]
[DEBUG] [DELTA PROVISORIO: 364.0 - 562.0 = -198.0]
[DEBUG] [Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE AS ("Time": "2023-06-13T17:41:17",
"Nam": 542.2, "VWP": 20, "VCA": 178.20000000000005, "Pre-Chaveamento": 4, "ChaveamentoDeCarga": 0, "LigouDe
sligou": 0)]
[DEBUG]
[ [PAYLOAD RECEBIDO DO QUADRO DE ENTRADA: <built-in function id> - {u'ENERGY': {u'
ActivePower': 364.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 2.0, u'Frequency': 60.0, u'Voltage': 221.6, u'Factor': 0.82, u'ReactivePower': 252.0, u'Total': 15574.68}, u'Time': u'2023-06-13T18:41:29'}
]}
[DEBUG] [Resultado ListaCorrente: [2.0, 2.0, 1.99, 2.0, 2.0]]
[DEBUG] [Resultado ListaPAtiva: [368.0, 364.0, 363.0, 364.0, 364.0]]
[DEBUG] [Resultado ListaPreativa: [252.0, 252.0, 252.0, 252.0, 252.0]]
[DEBUG] [NAM: 542.2]
[DEBUG] [Valor maximo de variação VWP: 20]
[DEBUG] [Diferença entre Nam e Última medicaio: 364.0 - 542.2 = 178.20000000000005]
[DEBUG] [DELTA PROVISORIO: 364.0 - 562.0 = -198.0]
[DEBUG] [Delta de Corrente: 2.98]
[DEBUG] [Delta de Energia Ativa: 562.0]
[DEBUG] [Delta de Energia Reativa: 351.0]
[DEBUG] [Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE AS ("Time": "2023-06-13T17:41:27",
"Nam": 542.2, "VWP": 20, "VCA": 178.20000000000005, "Pre-Chaveamento": 5, "ChaveamentoDeCarga": 1, "LigouDe
sligou": 0, "DELTA CORRENTE": 2.98, "DELTA ATIVA": 562.0, "DELTA REATIVA": 351.0)]
[DEBUG]
[Resultado ListaCorrente: [2.98, 2.0, 2.0, 1.99, 2.0]]
[Resultado ListaPAtiva: [575.0, 562.0, 368.0, 364.0, 363.0]]
[Resultado ListaPreativa: [345.0, 351.0, 252.0, 252.0, 252.0]]
Amostra numero 16
Amostra numero 16 da Delta Corrente: 1.99 - 0 = [3.22, 2.98, 3.17, 3.1, 3.04, 3.05, 3.01,
3.2, 2.98, 3.16, 3.3, 3.05, 3.03, 2.98, 2.0, 2.0, 1.99]
Amostra numero 16 da Delta PATIVA: 363.0 - 0 = [605.0, 562.0, 559.0, 592.0, 571.0, 580.
0, 568.0, 604.0, 561.0, 561.0, 635.0, 571.0, 575.0, 562.0, 368.0, 364.0, 363.0]
Amostra numero 16 da Delta Preativa: 252.0 - 0 = [349.0, 366.0, 349.0, 364.0, 357.0, 347.
0, 350.0, 345.0, 363.0, 347.0, 362.0, 355.0, 345.0, 351.0, 252.0, 252.0, 252.0]
Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE/CARGADEANALISE AS ("Time": "2023-0
6-13T17:41:07", "CorrenteQuadroEntrada": 1.99, "CorrenteCargaDetectada": 1.99, "PAtivaQuadroEntrada":
363.0, "PAtivaCargaDetectada": 363.0, "PreativaQuadroEntrada": 252.0, "PreativaCargaDetectada": 252.0)
[None]
[PAYLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in function id> - {u'ENERGY': {u'Active
Power': 364.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 2.0, u'Frequency': 59.98, u'Voltage': 221.5, u'Factor': 0.82, u'ReactivePower': 252.0, u'Total': 15574.68}, u'Time': u'2023-06-13T18:41:19'}
]}
Amostra numero 17
Amostra numero 17 da Delta Corrente: 2.0 - 0 = [3.22, 2.98, 3.17, 3.1, 3.04, 3.05, 3.01,
3.2, 2.98, 3.16, 3.3, 3.05, 3.03, 2.98, 2.0, 2.0, 1.99, 2.0]
Amostra numero 17 da Delta PATIVA: 364.0 - 0 = [605.0, 562.0, 559.0, 592.0, 571.0, 580.
0, 568.0, 604.0, 561.0, 561.0, 635.0, 571.0, 575.0, 562.0, 368.0, 364.0, 363.0]
Amostra numero 17 da Delta Preativa: 252.0 - 0 = [349.0, 366.0, 349.0, 364.0, 357.0, 347.
0, 350.0, 345.0, 363.0, 347.0, 362.0, 355.0, 345.0, 351.0, 252.0, 252.0, 252.0]
Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE/CARGADEANALISE AS ("Time": "2023-0
6-13T17:41:17", "CorrenteQuadroEntrada": 2.0, "CorrenteCargaDetectada": 2.0, "PAtivaQuadroEntrada": 364.0, "PAtivaCargaDetectada": 364.0, "PreativaQuadroEntrada": 252.0, "PreativaCargaDetectada": 252.0)
[None]
[PAYLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in function id> - {u'ENERGY': {u'Active
Power': 364.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 2.0, u'Frequency': 60.0, u'Voltage': 221.6, u'Factor': 0.82, u'ReactivePower': 252.0, u'Total': 15574.68}, u'Time': u'2023-06-13T18:41:29'}
]}
Amostra numero 18
Amostra numero 18 da Delta Corrente: 2.0 - 0 = [3.22, 2.98, 3.17, 3.1, 3.04, 3.05, 3.01,
3.2, 2.98, 3.16, 3.3, 3.05, 3.03, 2.98, 2.0, 2.0, 1.99, 2.0]
Amostra numero 18 da Delta PATIVA: 364.0 - 0 = [605.0, 562.0, 559.0, 592.0, 571.0, 580.
0, 568.0, 604.0, 561.0, 561.0, 635.0, 571.0, 575.0, 562.0, 368.0, 364.0, 363.0]
Amostra numero 18 da Delta Preativa: 252.0 - 0 = [349.0, 366.0, 349.0, 364.0, 357.0, 347.
0, 350.0, 345.0, 363.0, 347.0, 362.0, 355.0, 345.0, 351.0, 252.0, 252.0, 252.0]
Publicando no tópico tele/QuadroEntrada_3C2120/ANALISE/CARGADEANALISE AS ("Time": "2023-0
6-13T17:41:27", "CorrenteQuadroEntrada": 2.0, "CorrenteCargaDetectada": 2.0, "PAtivaQuadroEntrada": 364.0, "PAtivaCargaDetectada": 364.0, "PreativaQuadroEntrada": 252.0, "PreativaCargaDetectada": 252.0)
[None]
Evento detectado! DELTA CORRENTE: 2.98
Evento detectado! DELTA POTENCIA ATIVA: 351.0
Evento detectado! DELTA POTENCIA REATIVA: 562.0

```

Figura 34 – Demonstração do momento exato em que um software envia para o outro o delta do evento detectado

Após o recebimento do sinal (delta) pelo sistema de detecção, inicia-se a coleta de 20 amostras consecutivas. Ao chegar na vigésima amostra, é realizado o cálculo do ponderamento de VLP para que seja possível realizar o ranqueamento das cargas cujas assinaturas elétricas foram aprendidas pelo sistema. A figura 35 demonstra coleta das amostras sendo acumuladas para posterior cálculo.

```
sergio@vps008:~/git/Mestrado/mestrado/SoftAnalis...
[DEBUG] None
[DEBUG] PAVLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in Function id>, {u'ENERGY': {u'ActivePower': 622.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 3.2, u'Frequency': 59.99, u'Voltage': 221.6, u'Factor': 0.88, u'ReactivePower': 359.0, u'Total': 15574.74}, u'Time': u'2023-06-13T18:47:59'}}
[DEBUG] Amostra numero 14
[DEBUG] Amostra numero 14 da Delta Corrente: 3.2 - 2.09 = [1.21, 1.3600000000000003, 1.3000000000000003, 1.04, 1.2800000000000002, 1.2000000000000002, 1.3900000000000001, 1.19, 1.37, 1.29, 1.04, 1.19, 1.1400000000000001, 1.3400000000000003, 1.1100000000000003]
[DEBUG] Amostra numero 14 da Delta PATIVA: 622.0 - 394.0 = [255.0, 235.0, 277.0, 214.0, 273.0, 256.0, 224.0, 250.0, 230.0, 264.0, 216.0, 249.0, 236.0, 206.0, 228.0]
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {u'Time': u'2023-06-13T17:48:02', u'CorrenteQuadroEntrada': 3.2, u'CorrenteCargaDetectada': 3.17, u'PativaQuadroEntrada': 622.0, u'PativaCargaDetectada': 359.0, u'PreativaQuadroEntrada': 359.0, u'PreativaCargaDetectada': 315.0} ||
[DEBUG] None
[DEBUG] PAVLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in Function id>, {u'ENERGY': {u'ActivePower': 602.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 3.39, u'Frequency': 59.95, u'Voltage': 221.6, u'Factor': 0.87, u'ReactivePower': 351.0, u'Total': 15574.74}, u'Time': u'2023-06-13T18:48:09'}}
[DEBUG] Amostra numero 15
[DEBUG] Amostra numero 15 da Delta Corrente: 3.39 - 2.09 = [1.21, 1.3600000000000003, 1.3000000000000003, 1.04, 1.2800000000000002, 1.2000000000000002, 1.3900000000000001, 1.19, 1.37, 1.29, 1.04, 1.19, 1.1400000000000001, 1.3400000000000003, 1.1100000000000003, 1.3000000000000003]
[DEBUG] Amostra numero 15 da Delta PATIVA: 602.0 - 394.0 = [255.0, 235.0, 277.0, 214.0, 273.0, 256.0, 224.0, 250.0, 230.0, 264.0, 216.0, 249.0, 236.0, 206.0, 228.0, 208.0]
[DEBUG] Amostra numero 15 de Delta Preativa: 351.0 - 244.0 = [109.0, 103.0, 111.0, 105.0, 91.0, 110.0, 104.0, 110.0, 101.0, 113.0, 113.0, 98.0, 117.0, 112.0, 115.0, 107.0]
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {u'Time': u'2023-06-13T17:48:02', u'CorrenteQuadroEntrada': 3.39, u'CorrenteCargaDetectada': 3.37, u'PativaQuadroEntrada': 602.0, u'PativaCargaDetectada': 359.0, u'PreativaQuadroEntrada': 351.0, u'PreativaCargaDetectada': 317.0} ||
[DEBUG] None
[DEBUG] PAVLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in Function id>, {u'ENERGY': {u'ActivePower': 653.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 3.32, u'Frequency': 59.98, u'Voltage': 221.7, u'Factor': 0.87, u'ReactivePower': 361.0, u'Total': 15574.74}, u'Time': u'2023-06-13T18:48:19'}}
[DEBUG] Amostra numero 16
[DEBUG] Amostra numero 16 da Delta Corrente: 3.32 - 2.09 = [1.21, 1.3600000000000003, 1.3000000000000003, 1.04, 1.2800000000000002, 1.2000000000000002, 1.3900000000000001, 1.19, 1.37, 1.29, 1.04, 1.19, 1.1400000000000001, 1.3400000000000003, 1.1100000000000003, 1.3000000000000003]
[DEBUG] Amostra numero 16 da Delta PATIVA: 653.0 - 394.0 = [255.0, 235.0, 277.0, 214.0, 273.0, 256.0, 224.0, 250.0, 230.0, 264.0, 216.0, 249.0, 236.0, 206.0, 228.0, 208.0, 259.0]
[DEBUG] Amostra numero 16 de Delta Preativa: 361.0 - 244.0 = [109.0, 103.0, 111.0, 105.0, 91.0, 110.0, 104.0, 110.0, 101.0, 113.0, 113.0, 98.0, 117.0, 112.0, 115.0, 107.0, 117.0]
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {u'Time': u'2023-06-13T17:48:22', u'CorrenteQuadroEntrada': 3.32, u'CorrenteCargaDetectada': 3.27, u'PativaQuadroEntrada': 653.0, u'PativaCargaDetectada': 359.0, u'PreativaQuadroEntrada': 361.0, u'PreativaCargaDetectada': 317.0} ||
[DEBUG] None
[DEBUG] PAVLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS CONGELAMENTO: <built-in Function id>, {u'ENERGY': {u'ActivePower': 592.0, u'ApparentPower': 0.0, u'Current': 3.08, u'Frequency': 59.98, u'Voltage': 221.7, u'Factor': 0.87, u'ReactivePower': 361.0, u'Total': 15574.74}, u'Time': u'2023-06-13T18:48:29'}}
[DEBUG] Amostra numero 17
[DEBUG] Amostra numero 17 da Delta Corrente: 3.08 - 2.09 = [1.21, 1.3600000000000003, 1.3000000000000003, 1.04, 1.2800000000000002, 1.2000000000000002, 1.3900000000000001, 1.19, 1.37, 1.29, 1.04, 1.19, 1.1400000000000001, 1.3400000000000003, 1.1100000000000003, 1.3000000000000003]
[DEBUG] Amostra numero 17 da Delta PATIVA: 592.0 - 394.0 = [255.0, 235.0, 277.0, 214.0, 273.0, 256.0, 224.0, 250.0, 230.0, 264.0, 216.0, 249.0, 236.0, 206.0, 228.0, 208.0, 259.0, 198.0]
[DEBUG] Amostra numero 17 de Delta Preativa: 361.0 - 244.0 = [109.0, 103.0, 111.0, 105.0, 91.0, 110.0, 104.0, 110.0, 101.0, 113.0, 113.0, 98.0, 117.0, 112.0, 115.0, 107.0, 117.0]
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {u'Time': u'2023-06-13T17:48:27', u'CorrenteQuadroEntrada': 3.08, u'CorrenteCargaDetectada': 3.09, u'PativaQuadroEntrada': 592.0, u'PativaCargaDetectada': 359.0, u'PreativaQuadroEntrada': 361.0, u'PreativaCargaDetectada': 317.0} ||
[DEBUG] None
```

Figura 35 – Procedimento de coleta da amostra para calculo de VLP

Após finalizado a coleta, o sistema realiza o cálculo do VLP da corrente e potência ativa. Como observado através dos resultados desta metodologia, para a classificação, não se faz necessário utilizar energia reativa.

```
sergio@vps008:~/git/Mestrado/mestrado/SoftAnalis...
[DEBUG] Amostra numero 13 VLP Pativa: 6.638888888888888
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "13.430", "VLPpativa": "9.641"} ||
[DEBUG] Amostra numero 14 VLP Corrente: 10.324324324324328
[DEBUG] Amostra numero 14 VLP Pativa: 11.166666666666666
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "10.328", "VLPpativa": "11.164"} ||
[DEBUG] Amostra numero 15 VLP Corrente: 12.891891891891895
[DEBUG] Amostra numero 15 VLP Pativa: 9.777777777777777
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "12.891", "VLPpativa": "9.781"} ||
[DEBUG] Amostra numero 16 VLP Corrente: 11.945454545454546
[DEBUG] Amostra numero 16 VLP Pativa: 13.319444444444444
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "11.945", "VLPpativa": "13.320"} ||
[DEBUG] Amostra numero 17 VLP Corrente: 8.702702702702705
[DEBUG] Amostra numero 17 VLP Pativa: 9.083333333333333
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "8.703", "VLPpativa": "9.086"} ||
[DEBUG] Amostra numero 18 VLP Corrente: 11.540540540540542
[DEBUG] Amostra numero 18 VLP Pativa: 12.763888888888884
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "11.539", "VLPpativa": "12.766"} ||
[DEBUG] Amostra numero 19 VLP Corrente: 10.459454545454546
[DEBUG] Amostra numero 19 VLP Pativa: 11.444444444444444
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"VLPCorrente": "10.461", "VLPpativa": "11.445"} ||
[DEBUG] Set de amostras de Corrente: [11.075675675675674, 13.702702702702704, 12.891891891891895, 9.378378378378377, 12.021621621621623, 11.540540540540542, 14.108108108108107, 11.405405405405403, 13.037027027027027, 12.75027027027027, 9.378378378378377, 11.405405405405403, 10.72972972972973, 13.432432432432435, 10.324324324324328, 12.891891891891895, 11.945454545454544, 8.702702702702705, 11.540540540540542, 10.459454545454546]
[DEBUG] Set de amostras de Pativa: [13.041666666666663, 11.652777777777773, 14.509444444444444, 10.194444444444441, 14.291666666666663, 13.111111111111117, 10.888888888888886, 12.694444444444441, 11.305555555555552, 13.666666666666663, 10.333333333333333, 12.624999999999996, 11.722222222222218, 9.638888888888886, 11.666666666666663, 9.777777777777775, 13.194444444444444, 9.083333333333333, 12.763888888888884, 11.444444444444441]
[DEBUG] Soma das amostras VLP de corrente: 234.72972972972974
[DEBUG] Soma das amostras VLP de Pativa: 237.29166666666657
[DEBUG] VLP Preativa excluida por ser = 0
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO AS {"Time": "2023-06-13T17:48:57", "ResultadoSoma": 472.0213963963963, "SomaVLPCorrente": 234.72972972972974, "SomaVLPpativa": 237.29166666666657} ||
[DEBUG] Resultado da analise da soma: [472.0213963963963, 234.72972972972974, 237.29166666666657]
[DEBUG] Menor Valor calculado: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 0: tele/QuadroEntrada_3C2120/GEADEIRA
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 171.4095744680851 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 1: tele/QuadroEntrada_3C2120/CHUVEIROMAXIMO
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 191.44128703025888 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 2: tele/QuadroEntrada_3C2120/FREZERIVOVO
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 84.8143516737287 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 3: tele/QuadroEntrada_3C2120/MAQUINADELAVARNOVO
[DEBUG] Classificou, o valor foi: 17.021683912194874 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Publicando mensagem: {u'Time': u'2023-06-13T17:48:57', u'AcionamentoCarga': 1} no topico: tele/QuadroEntrada_3C2120/MAQUINADELAVARNOVO
[DEBUG] || Publicando no topico tele/QuadroEntrada_3C2120/MAQUINADELAVARNOVO AS {"Time": "2023-06-13T17:48:57", u'AcionamentoCarga": 1} ||
[DEBUG] Atuando no topico 4: tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADOR
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 138.87584157374292 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 5: tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORFRIO
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 249.14412236325284 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 6: tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMIN
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 137.2480538777092 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
[DEBUG] Atuando no topico 7: tele/QuadroEntrada_3C2120/SECADORMINFRIO
[DEBUG] Nao classificou, o valor foi: 472.0213963963963 e o menor ate agora e: 17.021683912194874
```

Figura 36 – Procedimento de ranqueamento e classificação

Realizado os cálculos, a figura 36 o sistema gera o ranqueamento dos resultados somando duas amostras, e através de uma comparação com a base de dados treinada um a um, chega-se a conclusão de qual carga corresponde ao resultado, identificando assim a assinatura elétrica do evento. Para efeito de teste, o sistema se manteve ligado,

identificando eventos e classificando as cargas no período de 20 dias ininterruptos, gerando assim, eventos de detecção e identificação de cargas.

5.5.1 Detecção do chuveiro

Para efeito de comprovação dos resultados, monitorou-se a carga diretamente do chuveiro e o quadro de entrada.

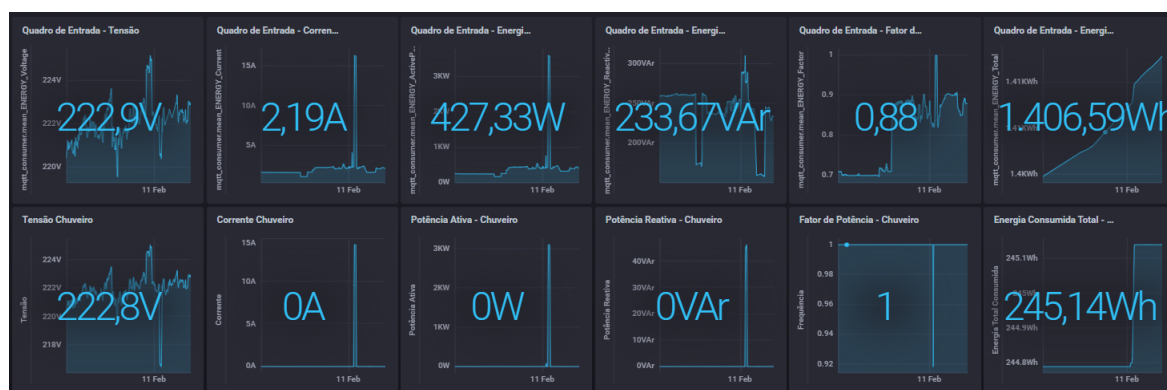


Figura 37 – Gráfico comparativo da carga (chuveiro) e o quadro de entrada

O chuveiro, ao seguirmos as classificações citadas anteriormente por Hart (1992), é classificado como carga LIGA/DELIGA, e é facilmente distinguida pelo sistema devido a sua alta corrente e curva característica, e por consequência, a curva da potência ativa segue o mesmo padrão. A detecção da carga, onde o gráfico específico da carga serve como referência e de modelo de confirmação, figura 38, demonstra o comportamento da carga e a relação de seu papel com o quadro de entrada da casa.

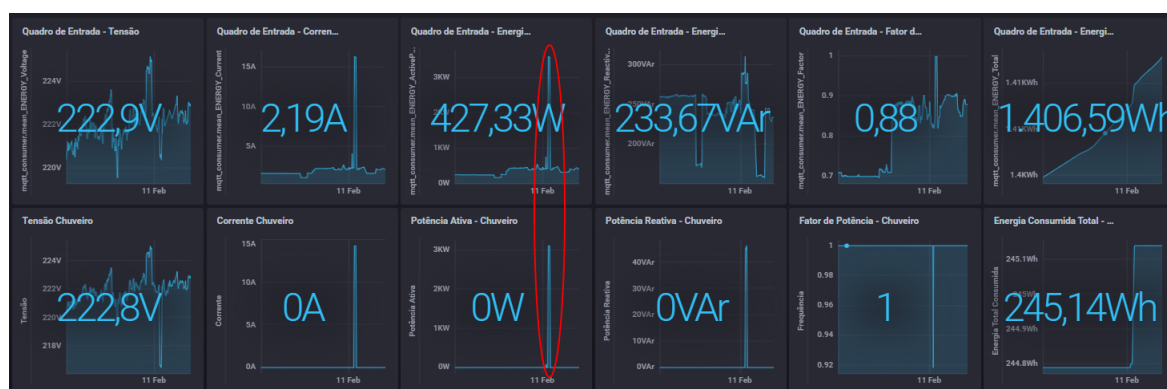


Figura 38 – Gráfico comparativo da detecção da carga (chuveiro) no quadro de entrada

Para efeito comprobatório, a figura 39, demonstra em 3 linhas gráficas:

- Detecção de Chaveamento
- Identificação da carga

- Comportamento da corrente da carga (confirmação da detecção)



Figura 39 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

A figura 40, demonstra a detecção das cargas e confirmação do acionamento (cor verde) e desligamento (desacionamento na cor azul-claro). Na cor rosa, verifica-se os eventos descartados por interrupção de cargas variadas, já na cor lilás, o descarte de eventos não confirmados diante do comportamento da corrente da carga.



Figura 40 – Demonstração dos eventos detectados e confirmados

Tabela 9 – Resultados classificação carga chuvaireo

Eventos detectados total (quadro de entrada)	239
Eventos detectados do chuvaireo	8
Prova Real (Medição direta no chuvaireo)	13
Porcentagem de acerto das detecções	62%

Desta forma, o algoritmo procura verificar os eventos detectados e confirmados a fim de relacionar apenas destinados a carga a ser identificada. Na figura 40, foi possível concluir que o sistema detecta as cargas através dos eventos gerados, representados pela cor verde e azul-claro, e tem capacidade de efetuar o descarte do mesmo quando não pertencente a carga analisada, representada através das cores rosa e lilás.



Figura 41 – Demonstração dos resultados de detecção do chuvaireo elétrico

As confirmações de acertos podem ser demonstradas através da linha gráfica 1, que apresenta todos os eventos ocorridos no período de testes (20 dias).

Os eventos de detecção confirmados no chuvaireo são apresentados na linha gráfica 2, enquanto a prova real das detecções é demonstrada pelo consumo diário da carga na linha gráfica 3. Assim podendo ressaltar os resultados de detecção do Chuvaireo:

Através da figura 41, é possível observar que, devido à ocorrência de vários eventos, os detectados da carga chuvaireo são descartados devido à ocorrência de um novo evento no meio do processo de identificação da carga, sendo determinante para o acerto de 62%, tabela 9. Esse fato é atribuído à baixa amostragem do sistema, que ocorre a cada 10 segundos.

5.5.2 Detecção do Freezer

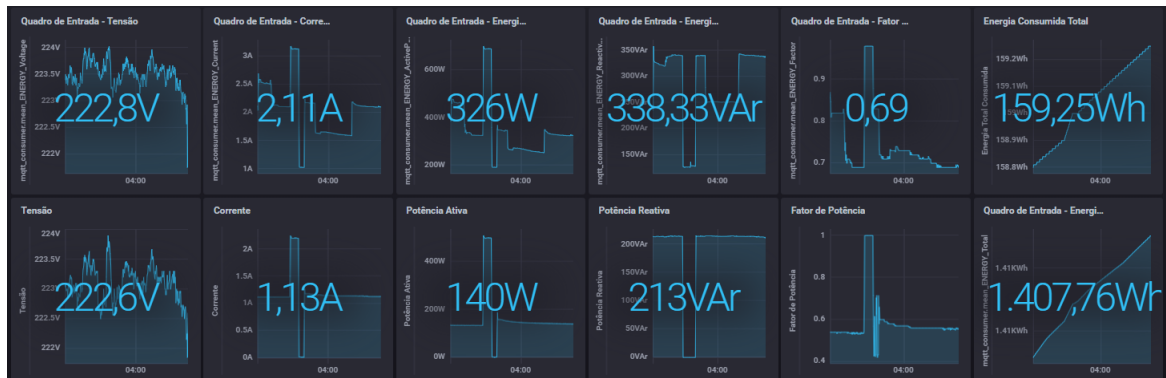


Figura 42 – Gráfico comparativo da carga (Freezer) e o quadro de entrada

O freezer, é considerado classificado como uma carga do tipo MER, uma carga com número repetitivo em ciclos de estados de transições em sua característica de funcionamento, é possível ser detectado e confirmado pelas medições realizadas na carga em seu medidor dedicado. A figura 43 demonstra a detecção e confirmação.

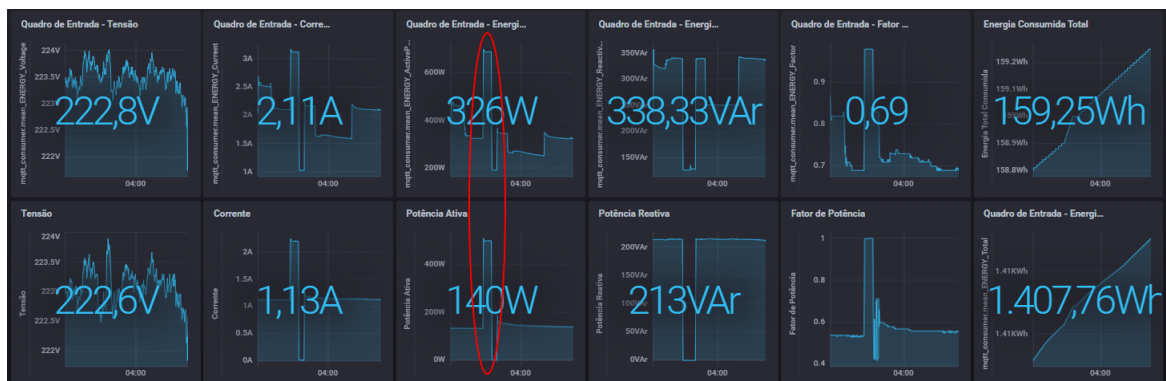


Figura 43 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Freezer) no quadro de entrada

Seguindo a sequencia da carga anterior, para efeito comprobatório, a figura 44, demonstra em 3 linhas gráficas:

- Detecção de Chaveamento
- Identificação da carga
- Comportamento da corrente da carga (confirmação da detecção)

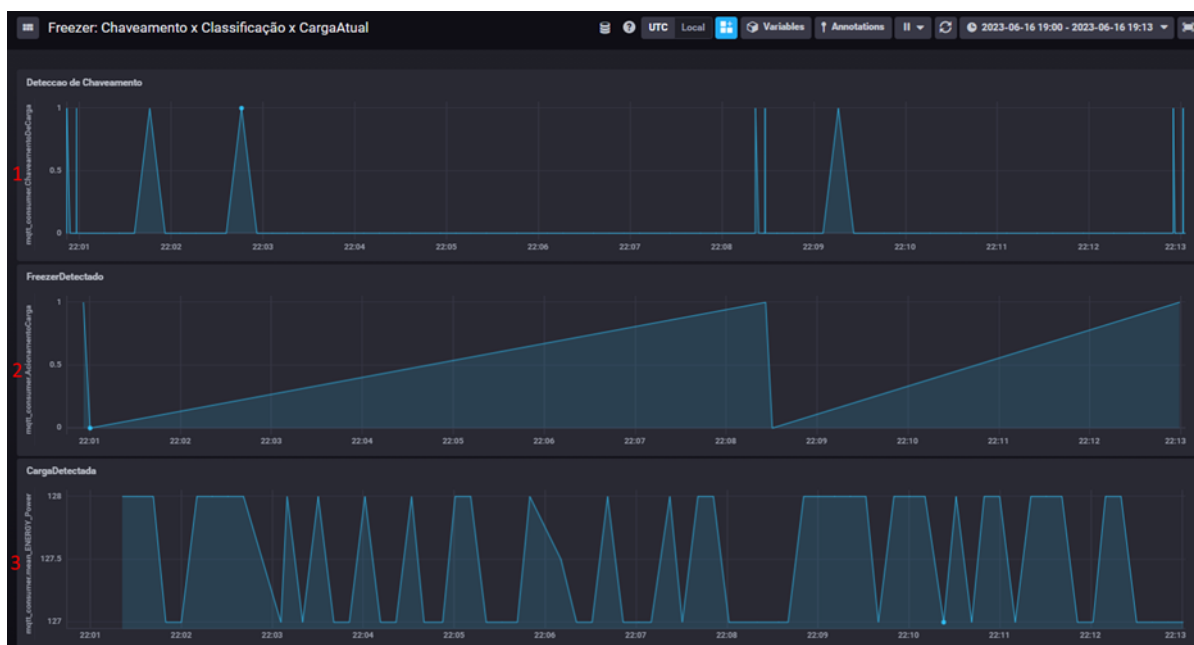


Figura 44 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

A figura 45, demonstra a detecção das cargas e confirmação do acionamento (cor verde) e desligamento (desacionamento na cor azul claro). Na cor lilás, verifica-se os eventos descartados por interrupção de cargas variadas.

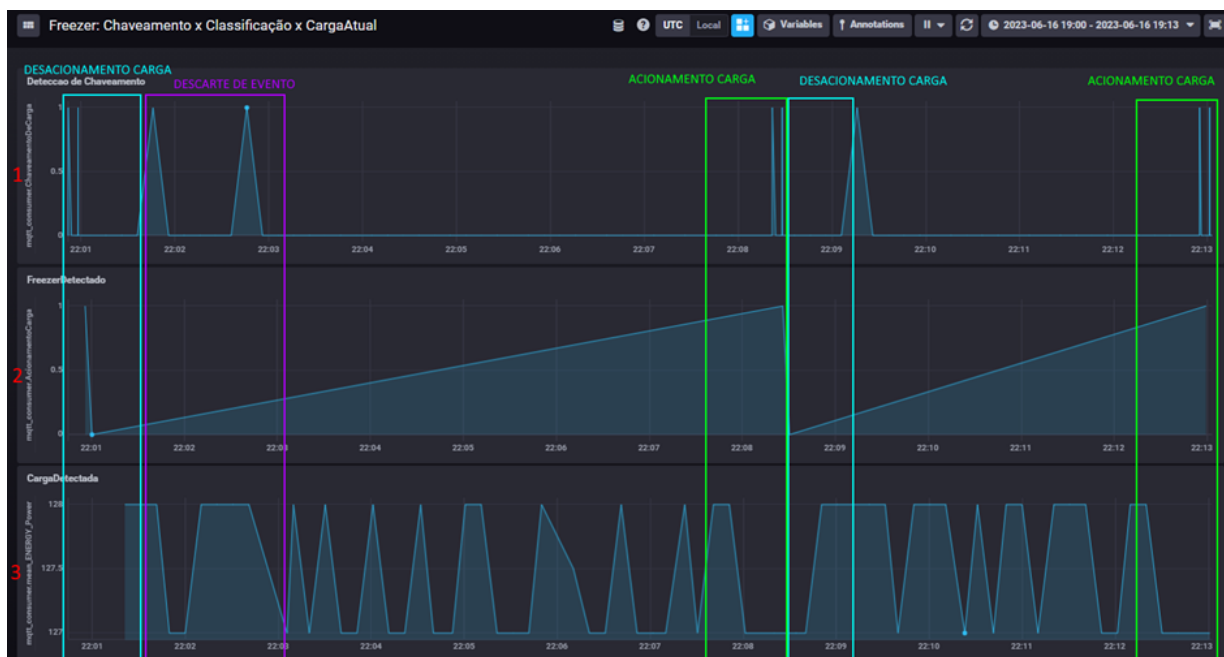


Figura 45 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

O algoritmo procura verificar os eventos detectados e confirmados a fim de relacionar apenas destinados a carga a ser identificada e assim prover dados de detecção. O freezer, por ser uma carga que apresenta diferentes períodos de acionamento e desligamento da carga, pois isso depende da temperatura interna, o algoritmo detecta apenas chaveamentos

Tabela 10 – Resultados classificação carga Freezer

Eventos detectados total (quadro de entrada)	239
Eventos detectados do freezer	8
Prova Real (Medição direta no freezer)	13
Porcentagem de acerto das detecções	62%

de maiores períodos, verificados pela confirmação do mesmo, ou seja, quando o sistema foi ligado ou desligado da tomada. Mostrando assim uma maior veracidade.



Figura 46 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Freezer) e o quadro de entrada

É possível assim demonstrar através da figura 46 as confirmações de acerto através da linha gráfica 1, demonstrando todos os eventos ocorridos no período de testes (20 dias), os eventos de detecção confirmados no chuveiro através da linha gráfica 2, e a prova real das detecções com a demonstração do consumo diário da carga na linha gráfica 3. Pode-se ressaltar os resultados de detecção do freezer como:

Apesar dos dados serem semelhantes aos resultados da carga chuveiro, tabela 10 a figura 46 demonstra o resultado e é possível observar que, da mesma forma, devido à ocorrência de vários eventos, os detectados da carga freezer são descartados devido à detecção de um novo evento no meio do processo de identificação da carga. Esse fato é atribuído à baixa amostragem do sistema, que ocorre a cada 10 segundos.

5.5.3 Detecção do Geladeira

A geladeira, segue o mesmo padrão de classificação é considerado como uma carga do tipo MER, é possível ser detectado e confirmado pelas medições realizadas na carga em

seu medidor dedicado. A figura 47 demonstra a detecção e a confirmação.

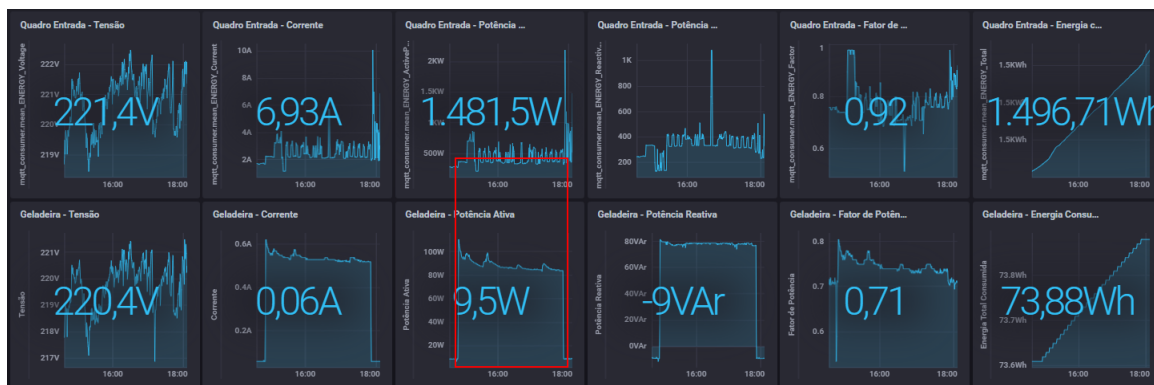


Figura 47 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Geladeira) no quadro de entrada

Para efeito comprobatório, a figura 48, demonstra em 3 linhas gráficas:

- Detecção de Chaveamento
- Identificação da carga
- Comportamento da corrente da carga (confirmação da detecção)

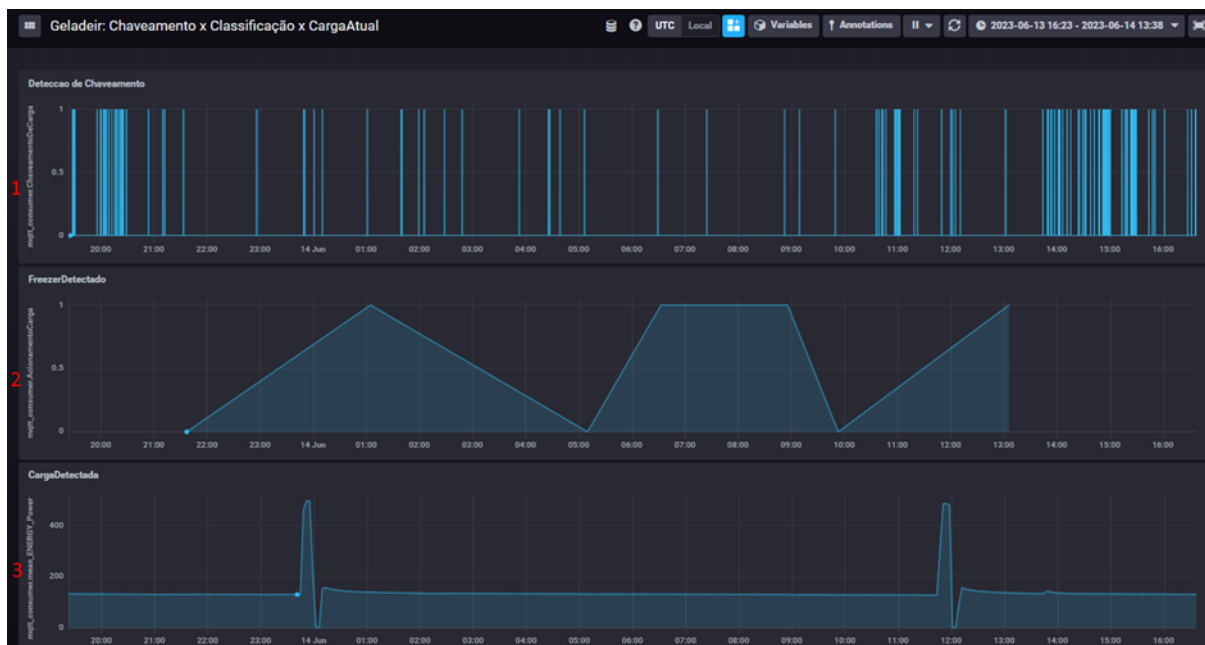


Figura 48 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

A figura 49, demonstra a detecção das cargas e confirmação do acionamento (cor verde) e desligamento (desacionamento na cor azul claro). Na cor lilás, verifica-se os eventos descartados por interrupção de cargas variadas.

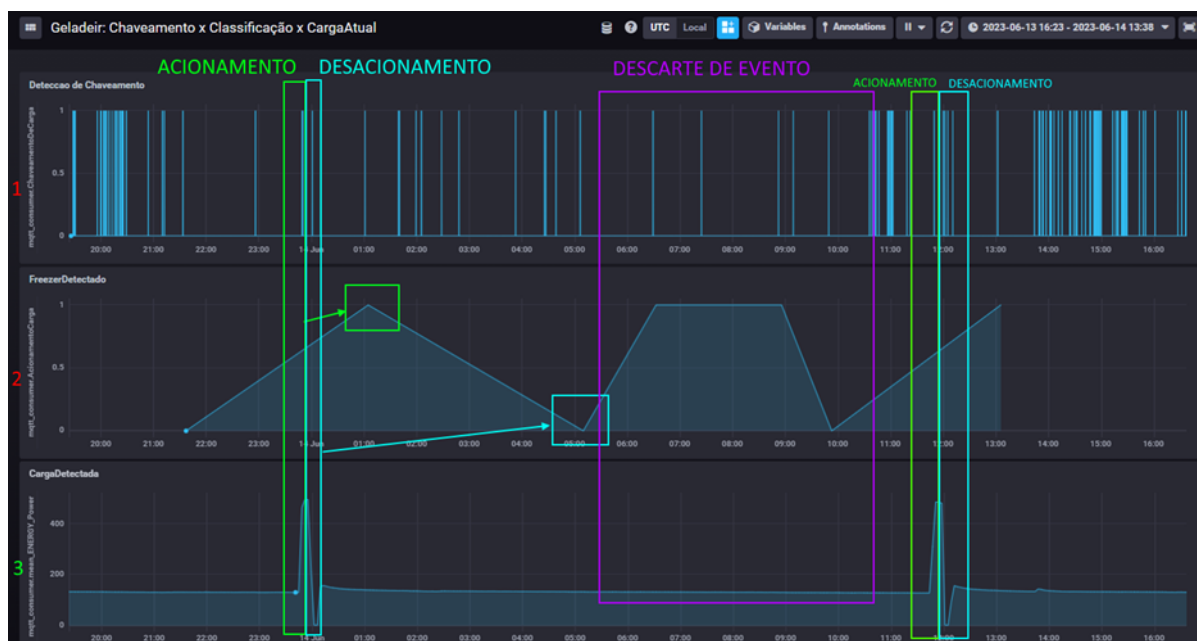


Figura 49 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

O algoritmo procura verificar os eventos detectados e confirmados a fim de relacionar apenas destinados a carga a ser identificada e assim prover dados de detecção. A geladeira, por ser uma carga que apresenta diferentes períodos de acionamento e desligamento da carga, pois isso depende da temperatura interna, o algoritmo detecta apenas chaveamentos de maiores períodos, verificados pela confirmação do mesmo, ou seja, quando o sistema foi ligado ou desligado da tomada. Mostrando assim uma maior veracidade.

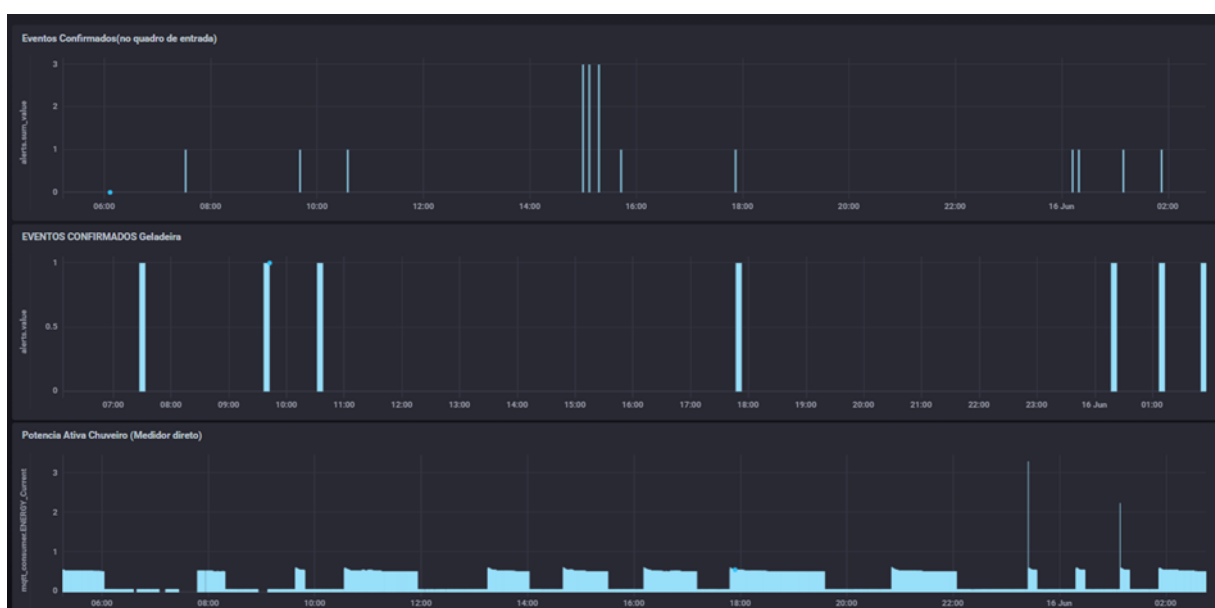


Figura 50 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Geladeira) e o quadro de entrada

Pode-se assim demonstrar através da figura 50 as confirmações de acerto da linha

gráfica 1, demonstrando todos os eventos ocorridos no período de testes (20 dias), os eventos de detecção confirmados no chuveiro através da linha gráfica 2, e a prova real das detecções com a demonstração do consumo diário da carga na linha gráfica 3. Pode-se ressaltar os resultados de detecção da geladeira como:

Tabela 11 – Resultados classificação carga Geladeira

Eventos detectados total (quadro de entrada)	239
Eventos detectados do Geladeira	7
Prova Real (Medição direta no Geladeira)	12
Porcentagem de acerto das detecções	58%

Pode-se ressaltar, que através dos resultados da tabela 11 e da figura 50, é possível notar que devido a ocorrência de vários eventos, os eventos são descartados devido a detecção de um novo evento no meio do processo de identificação da carga. Este fato é devido a baixa amostragem do sistema, com intervalo de 10 segundos contribuindo para a taxa de acerto de 58%.

5.5.4 Detecção Máquina de Lavar

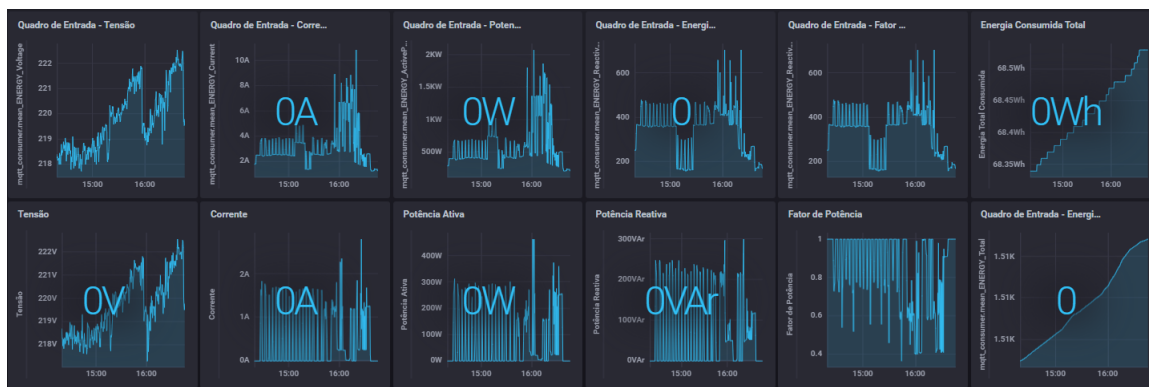


Figura 51 – Gráfico comparativo carga (Máquina de Lavar) e o quadro de entrada

A máquina de lavar possui uma característica consumo semelhante à geladeira e do freezer em seu funcionamento, figura 51 seguindo um tipo de padrão sequencial. A figura 52 demonstra e confirma a detecção.

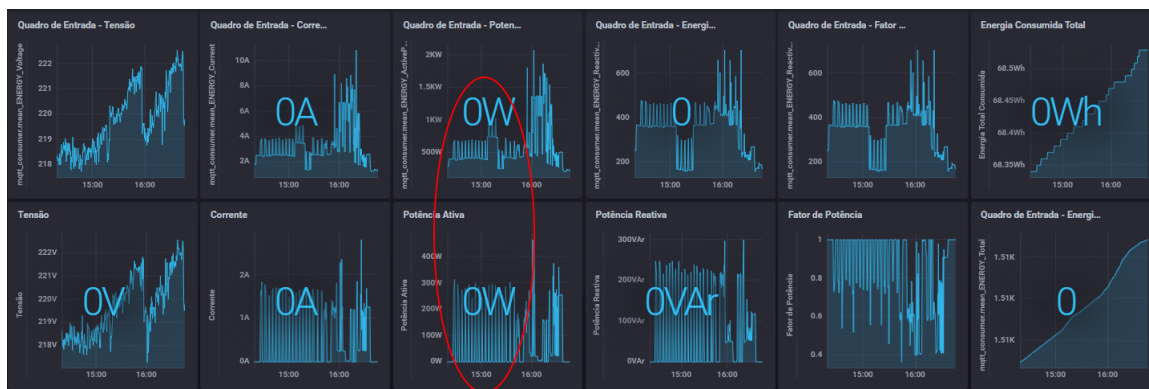


Figura 52 – Gráfico comparativo da detecção da carga (Máquina de Lavar) no quadro de entrada demonstrando a detecção

Seguindo o mesmo procedimento da carga anterior, para efeito comprobatório, a figura 53, demonstra em 3 linhas gráficas:

- Detecção de Chaveamento
- Identificação da carga
- Comportamento da corrente da carga (confirmação da detecção)

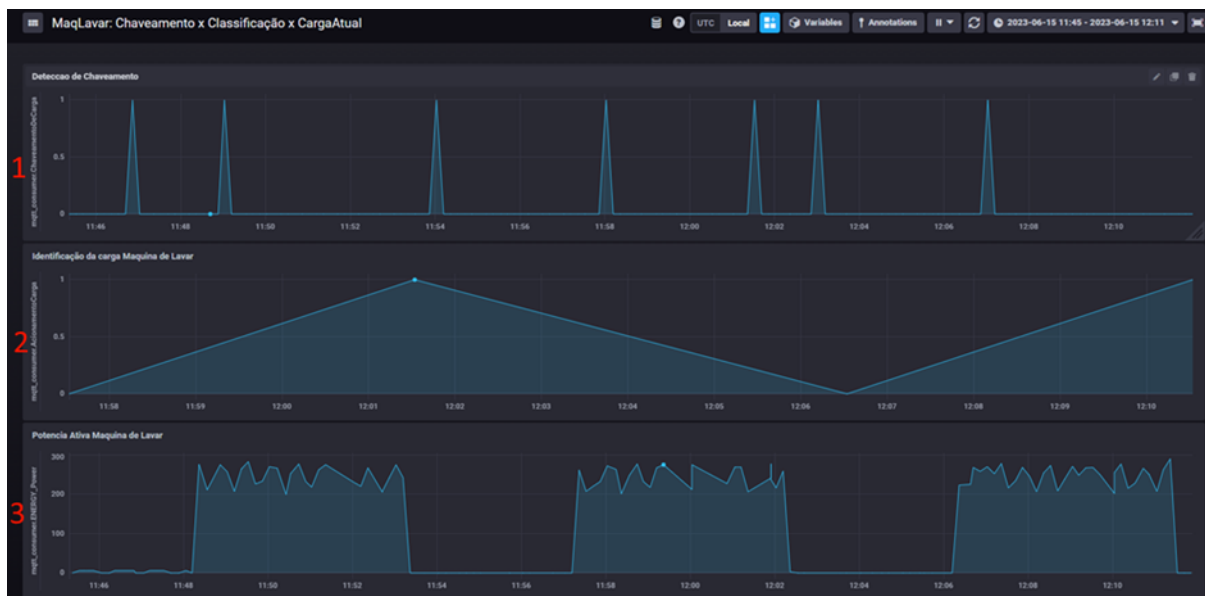


Figura 53 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

A figura 54, demonstra a detecção das cargas e confirmação do acionamento (cor verde) e desligamento (desacionamento na cor azul claro). Na cor rosa, verifica-se os eventos descartados por por interrupção de cargas variadas, já na cor lilás, o descarte de eventos não confirmados diante do comportamento da corrente da carga (linha gráfica 3).

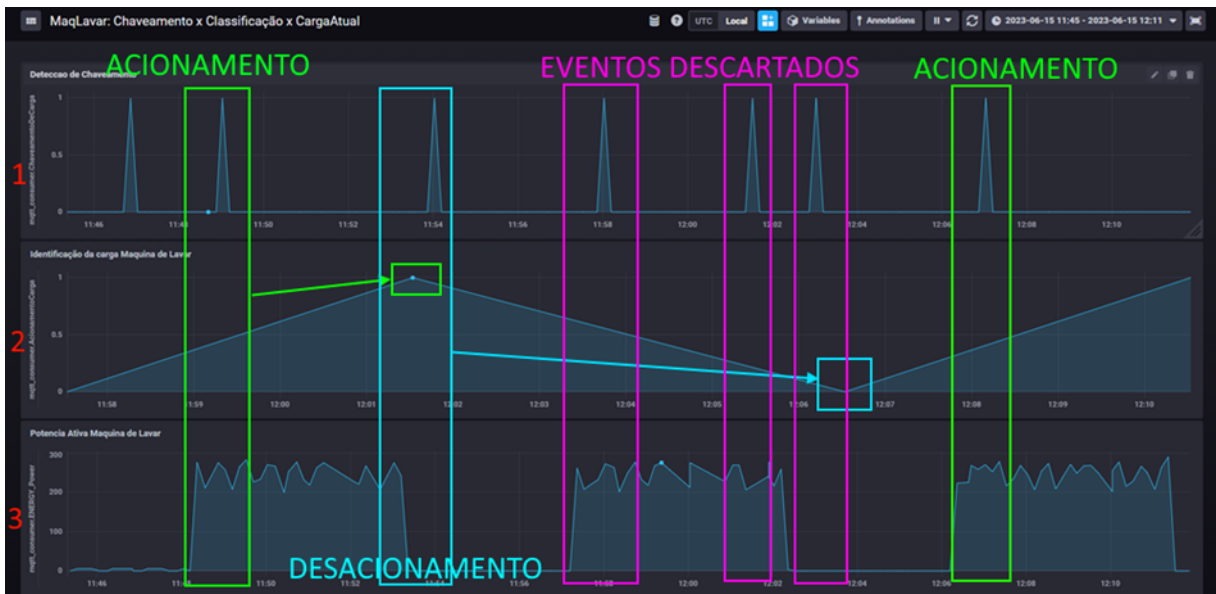


Figura 54 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga - Autoria Própria

Na figura 54, é demonstrado através da cor verde, o acionamento onde apenas após as 20 amostras de confirmação, que é demonstrado a resultante da confirmação da identificação da carga. Da mesma forma, na cor azul-claro, é demonstrado o desligamento. Na cor lilas, mostra-se os eventos que foram descartados devido a falta da confirmação ou interrupção do processo de identificação devido a detecção de outro. O sistema demonstrou captar os acionamentos e desligamento da máquina de lavar desde que não fosse interrompido por outro novo evento.



Figura 55 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Geladeira) e o quadro de entrada

Vale ressaltar assim através da figura 55 as confirmações de acerto da linha gráfica 1, demonstrando todos os eventos ocorridos no período de testes (20 dias), os eventos de

deteccão confirmados no chuveiro através da linha gráfica 2, e a prova real das deteccões com a demonstração do consumo diário da carga na linha gráfica 3. Pode-se ressaltar os resultados de deteccão da maquina de lavar como:

Tabela 12 – Resultados classificação carga máquina de lavar

Eventos detectados total (quadro de entrada)	239
Eventos detectados do Maquina de Lavar	13
Prova Real (Medição direta na maquina de lavar)	15
Porcentagem de acerto das deteccões	87%

Pode-se ressaltar, que os resultados da tabela 12 através da figura 55, é possível notar que devido ao comportamento da carga da máquina de lavar, ter ocorrência de liga e desliga de forme frequente, foi possível notar que favoreceu a deteccão da mesma demonstrando um acerto de 87%.

5.5.5 Deteccão Secador

O secador como já dito anteriormente, também possui uma característica com variação de 4 estágios, os quatro estágios do secador:

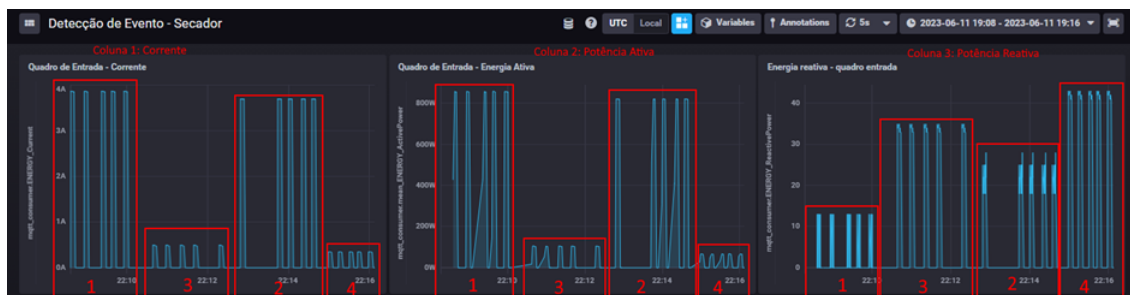


Figura 56 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.

Pode-se descrever os estágios na figura 56 como:

- Secador no quente na potência máxima (com a resistência que aquece o ar ligado)
- Secador no quente na potência mínima (com a resistência que aquece o ar ligado)
- Secador Frio na potência máxima (sem a resistência que aquece o ar).
- Secador Frio na potência mínima (sem a resistência que aquece o ar).

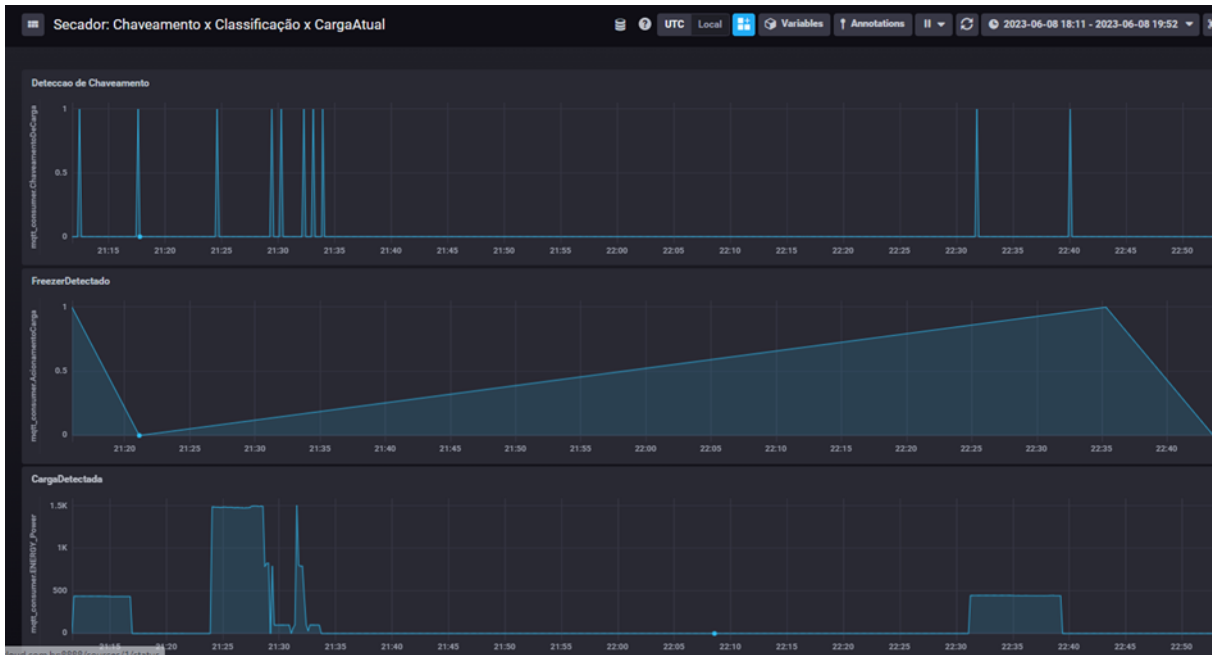


Figura 57 – Coluna 1: Corrente, Coluna 2: Potência Ativa, Coluna 3: Potência Reativa.

Seguindo o mesmo procedimento da carga anterior, para efeito comprobatório, a figura 58, demonstra em 3 linhas gráficas:

- Detecção de Chaveamento
- Identificação da carga
- Comportamento da corrente da carga (confirmação da detecção)

A figura 58, demonstra a detecção das cargas e confirmação do acionamento (cor verde) e desligamento (cor azul claro). Na cor lilás, verifica-se os eventos descartados por interrupção de cargas variadas.



Figura 58 – Detecção de Evento x Identificação de carga x Potência Ativa da Carga

Na figura 58, é demonstrado através da cor verde, o acionamento onde apenas após as 20 amostras de confirmação, que é demonstrado a resultante da confirmação da identificação da carga. Da mesma forma, na cor azul-claro, é demonstrado o desligamento. Na cor lilas, mostra-se os eventos que foram descartados devido a falta da confirmação ou interrupção do processo de identificação devido a detecção de outro. O sistema demonstrou captar os acionamentos e desligamento do secador desde que não fosse interrompido por outro novo evento.

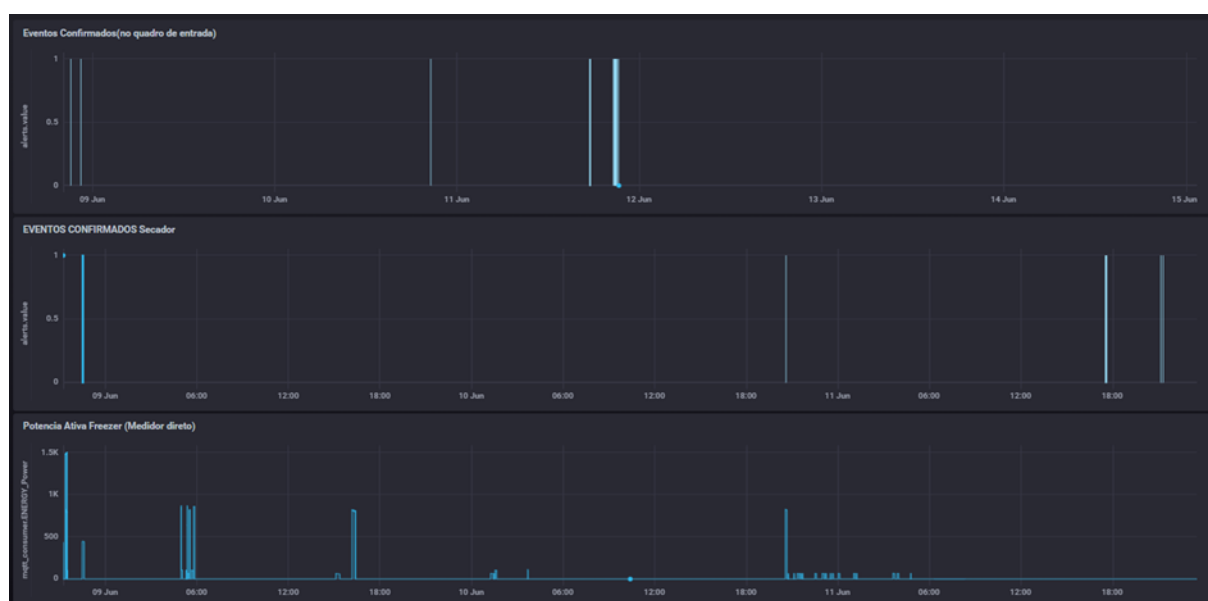


Figura 59 – Gráfico de detecção de eventos com o gráfico de Potência Ativa da carga (Secador) e o quadro de entrada

Pode-se assim demonstrar através da figura 59 as confirmações de acerto da linha gráfica 1, demonstrando todos os eventos ocorridos no período de testes (20 dias), os eventos de detecção confirmados no chuveiro através da linha gráfica 2, e a prova real das detecções com a demonstração do consumo diário da carga na linha gráfica 3. Pode-se ressaltar os resultados de detecção da máquina de lavar como:

Tabela 13 – Resultados classificação carga Secador

Eventos detectados total (quadro de entrada)	239
Eventos detectados do Secador	5
Prova Real (Medição direta na Secador)	7
Porcentagem de acerto das detecções	71%

Pode-se ressaltar, que os resultados da tabela 13 através da figura 59, é possível notar que devido ao comportamento da carga da máquina de lavar, ter ocorrência de liga e desliga de forma frequente, foi possível notar que favoreceu a detecção da mesma demonstrando um acerto de 71%.

5.6 HISTÓRICO DE EVENTOS REGISTRADOS

Assim, com todos os testes realizados, um *DashBoard* com o histórico de alertas devido a detecção de eventos foi criado, a fim de poder gerar estatísticas e melhor visualizar o panorama geral de eventos do sistema. Os resultados obtidos foram resumidos na tabela 14.

Name	Level	Time (utc)	Host	Value
(SECADOR POT. MINIMA FRIO) - DESACIONADO	●	2023-06-16T12:08:45.183Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(SECADOR POTENCIA MAX FRIO) - DESACIONADO	●	2023-06-16T03:02:44.969Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(SECADOR POTENCIA MAX FRIO) - ACIONADO	●	2023-06-16T03:02:44.969Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-16T01:56:34.923Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-16T01:23:34.927Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-16T01:13:04.891Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-16T00:33:33.459Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-16T00:23:12.452Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(FREEZER) - ACIONADO	●	2023-06-16T00:14:12.411Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-15T23:39:02.449Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T18:59:22.345Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - DESACIONADO	●	2023-06-15T17:53:22.343Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T16:42:42.317Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(MAQUINA DE LAVAR) - ACIONADO	●	2023-06-15T16:42:42.317Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T16:42:42.317Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T15:46:22.280Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T15:19:42.794Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - ACIONADO	●	2023-06-15T15:19:42.794Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T15:19:42.794Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T15:15:32.265Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(MAQUINA DE LAVAR) - ACIONADO	●	2023-06-15T15:15:32.265Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T15:15:32.265Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T15:10:32.278Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - ACIONADO	●	2023-06-15T15:10:32.278Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T15:10:32.278Z	vps8068.publiccloud.com.br	1
(MAQUINA DE LAVAR) - DESACIONADO	●	2023-06-15T15:06:32.384Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(MAQUINA DE LAVAR) - ACIONADO	●	2023-06-15T15:06:32.384Z	vps8068.publiccloud.com.br	0
(GELADEIRA) - ACIONAMENTO	●	2023-06-15T15:06:32.384Z	vps8068.publiccloud.com.br	0

Figura 60 – Imagem ilustrativa da lista de histórico de eventos de detecção de acionamento de cargas

Ao serem considerados todos os eventos detectados e descartados, fica resumido como:

Tabela 14 – Resultados de detecção das cargas testadas

Eventos detectados	Eventos Descartados	Chuveiro	Geladeira	Freezer	Máquina de lavar	Secador
239	96	24	24	36	48	12
100%	40%	10%	10%	15%	20%	5%

E assim em consideração direta aos eletrodomésticos usado como carga no teste do sistema, ficam como resumidas de forma quantitativa como:

Tabela 15 – Resultados das cargas testadas

Eventos detectados	Chuveiro	Geladeira	Freezer	Máquina de Lavar	Secador
144	24	24	36	48	12
100%	17%	17%	25%	33%	8%

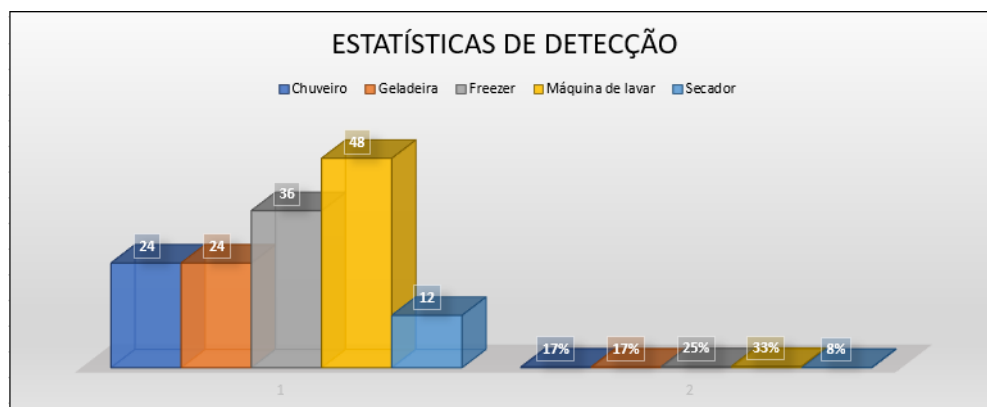


Figura 61 – Gráfico de demonstração de percentual de detecção

Com os resultados obtidos, tabela 14, foi possível observar número de eventos descartados junto com as cargas. Contudo, como foco deste trabalho, levando em conta os resultados de detecção das cargas testadas, fica registrado o resumo na figura 61 e tabela 15. Ao ser observado os resultados reunidos, a carga com maior número de eventos detectados, máquina de lavar, demonstrou resultado inesperado ao se tratar de MEF, onde de forma intuitiva, seria considerada sendo de maior dificuldade de detecção, mas o sistema demonstrou resultado expressivos diante da pré classificação da carga (MEF). Já para a carga com o menor número de detecções, representada pelo secador, classificada previamente como sendo do tipo liga/desliga e com quatro estágios de utilização, o reduzido número de eventos detectados pode ser atribuído ao baixo uso pelo consumidor durante os testes.



Figura 62 – gráfico quantitativo de eventos ocorridos em um panorama mensal (30 dias).

A metodologia executada e os algoritmos desenvolvidos neste trabalho permitiram a adaptação automática ao número de amostragem do sistema. A proposta de desenvolver uma metodologia de detecção de assinaturas de cargas de forma não intrusiva e com baixo custo foi bem-sucedida, como demonstrado pelos resultados apresentados. Com base nas estatísticas de detecções apresentadas, foi possível observar uma assertividade entre 58% e 87% (tabela 12 e tabela 11). Esses resultados são decorrentes do baixo nível de amostragem de medição, que permite a interrupção do sistema durante o processo de classificação e ranqueamento das cargas detectadas. O principal fator gerador desse baixo nível de amostragem foram os medidores de energia elétrica de baixo custo, que possuem limitações em seu tempo de comunicação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolver do trabalho, foram percorridas linhas de estudos e desenvolvimento focados em NILM. Este trabalho teve o enfoque de desenvolver uma metodologia de detecção de eventos baseada em detecção de janelas com margens, adicionado o efeito de confirmação de 5 amostras. Após a captação do evento, a metodologia usa um método baseado em gerenciamento de médias ponderadas controladas por limites, podendo gerar o ranqueamento de resultados e assim obter a identificação da assinatura da carga. Toda a metodologia teve o objetivo de usar uma infraestrutura de baixo custo, utilizando medidores de mercado e sistemas acessíveis, onde os mesmos possuem limites de amostragem e precisão. O intervalo de aquisição de amostras do sistema proposto foi configurado em 10 segundos, motivado pela constatação de que esta parametrização não havia sido explorada em estudos científicos prévios consultados durante a revisão bibliográfica realizada.

6.1 CONCLUSÃO PARCIAL BASEADA NOS RESULTADOS

A partir da análise dos resultados experimentais, observou-se que o sistema proposto apresentou alto nível de precisão na detecção de eventos de comutação de cargas elétricas. Quando monitoradas, as cinco amostras de confirmação no processo de detecção de eventos, demonstraram excelente desempenho em todas as cargas testadas. No entanto, a segunda etapa da metodologia, a identificação, que requer a coleta de 20 amostras após as cinco confirmadas dos eventos, mostrou-se suscetível a interrupções intermediárias de cargas comutadas em tempos aleatórios devido ao intervalo de 10 segundos entre as mesmas. Isso resultou em descarte de amostras em processo de identificação e, conseqüentemente, resultados abaixo do esperado, apesar da boa precisão do sistema no processo de identificação de cargas e assertividade nos cálculos demonstrados nos resultados registrados. A redução do intervalo implica em um aumento do custo dos equipamentos de medição.

O processo de identificação leva três vezes mais tempo e é suscetível a interrupções, que cancelam o processo anterior de identificação e descartam a identificação atual. O sistema pode ser adaptado às condições características do usuário, como por exemplo, bloquear o recebimento de eventos durante o processo de identificação.

Através da revisão bibliográfica percorrida neste trabalho, foi observado que o recomendado é sempre utilizar um sistema de medição que possa prover amostragem de medição de frequência mínima de 1Hz que para se realizar uma detecção de assinaturas de cargas elétricas. Apesar do sistema ter apresentado uma assertividade média de 68%, o sistema demonstrou grande potencial em poder continuar a ser refinado para atingir maiores patamares em assertividade. O algoritmo utilizado, é a junção de técnicas que

nunca foram colocadas a prova em baixa frequência de amostragem, e assim provando que é possível realizar detecções de cargas elétricas forma não intrusiva a baixo custo.

6.2 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, foi explorado os desafios e as possibilidades de entender como o usuário utiliza energia elétrica. Foi percorrido que a maior dificuldade é obter dados precisos e atualizados sobre o comportamento do usuário. Embora a medição individualizada de cada carga conectada à rede possa fornecer uma percepção precisa do uso da energia, esse método é considerado economicamente inviável devido ao número de medidores necessários. As tecnologias de baixo custo atuais se concentram na automação residencial e não são aplicáveis em sistemas de medição de energia elétrica para faturamento ou aplicações que exigem confiabilidade metrológica.

No entanto, a metodologia aplicada neste trabalho oferece uma solução promissora. Ela visa obter dados diretamente dos medidores de energia utilizados nos quadros de entrada, com o diferencial de ser aplicada com baixo nível de amostragem e baixo custo de investimento. Isso pode tornar-se um sistema acessível para empresas e usuários residenciais interessados em entender melhor seu próprio consumo de energia. Para isso, são utilizadas técnicas não invasivas de identificação de cargas elétricas, gerando dados que podem ser agregados e classificados como perfil de carga do usuário por meio de um sistema on-line.

Em conclusão, embora existam desafios em entender como o usuário utiliza energia elétrica, a metodologia apresentada neste trabalho oferece uma solução viável e acessível para obter dados precisos e atualizados sobre o comportamento do usuário, necessitando de uma melhoria nos equipamentos de aquisição de dados, que possam fornecer um tempo de amostragem menor para proporcionar uma redução considerável na fragilidade do cancelamento de eventos de detecção de cargas comutadas. Apesar dos resultados apresentados, terem demonstrado números que talvez possam ser colocado como pauta sua aplicabilidade, a abordagem da metodologia se demonstrou um diferencial, e por ter tido um enfoque no baixo custo, possibilitou uma vasta gama de melhorias de equipamentos que poderá ser explorada para se obter um ponto de aplicabilidade em equilíbrio no quesito de custo e benefício, que poderá proporcionar uma solução acessível ao usuário final e não apenas e empresas que possuem aplicações específicas ao seus serviços. O usuário final, ao ter acesso a este tipo de sistema, poderá obter informações de cunho expressivo de informações de consumo de energia que poderão dar a possibilidade de repensar formas de melhor administrar seu consumo diário, podendo obter um melhor aproveitamento e redução de custos.

De acordo com a revisão bibliográfica realizada durante o desenvolvimento do projeto, foi constatado que para a implementação de um sistema NILM é necessário um

mínimo de 1Hz de amostragem. Apesar do sistema ter apresentado uma assertividade média 68%, ele demonstrou grande potencial para ser aprimorado e alcançar melhores resultados, provando que a possibilidade de se aplicar um sistema NILM em baixa frequência é verídica. O algoritmo utilizado é uma combinação de técnicas estudadas que nunca foram aplicadas em baixa frequência. Com o objetivo do projeto de desenvolver uma solução de baixo custo e aplicável a condições reais, o banco de dados REDD foi utilizado como base para a maioria dos estudos na revisão bibliográfica.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Dado os resultados obtidos, visando uma melhoria que possibilite alcançar melhores resultados para o cumprimento do objetivo principal, criar uma metodologia que possibilite a identificação de cargas não intrusivas visando um baixo custo para tornar acessível a qualquer tipo de usuários, fica aqui listadas sugestões de trabalhos futuros:

- Instalação do sistema com medidores de energia capazes de fornecer maiores níveis de amostragem (mínimo 1 segundo por amostra).
- Melhoria do algoritmo no processo de classificação das cargas.
- Criação de aplicativo de celular para demonstrar cada resultado de carga detectada.
- Criação de dashboard dedicado para estatísticas
- Desenvolver biblioteca com assinaturas de equipamentos (parecido com REDD, mas com as assinaturas já prontas para serem instaladas e usados em sistemas diferentes, tornando-as de fácil integração em sistemas).
- Validar o sistema com diferentes perfis de consumidores
- Combinar abordagem proposta deste trabalho com técnicas de inteligência artificial. Exemplo: deep learning.
- Criar no sistema a funcionalidade de sugestão de redução de consumo ao usuário.
- Estudo de viabilidade do sistema como produto comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. *Medidores eletrônicos de energia elétrica – Método de ensaio*. 2011. Disponível em: <"https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=089388">. Acesso em: 18 Jan, 2019.
- AZZINI, H. et al. Sintonia de parâmetros de métodos de detecção de eventos baseada em algoritmos genéticos. *Anais do CLAGTEE*, v. 12, 2017.
- AZZINI, H. A.; TORQUATO, R.; SILVA, L. C. da. Event detection methods for nonintrusive load monitoring. In: IEEE. *2014 IEEE PES General Meeting| Conference & Exposition*. [S.l.], 2014. p. 1–5.
- AZZINI, H. A. D.; FARDIN, J. F.; SALLES, E. O. T. Software para monitoramento nao intrusivo de cargas residenciais com fins de auditoria energética. *IV Simbósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)*, 2012.
- BARCELOS, R. K. S. et al. Identificação inteligente de cargas elétricas similares em smart grid. In: *Congresso Brasileiro de Automática-CBA*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 1, n. 1.
- BATRA, N. et al. Nilmtk: An open source toolkit for non-intrusive load monitoring. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Future Energy Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (e-Energy '14), p. 265–276. ISBN 9781450328197. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2602044.2602051>.
- BERGES, M. Enhancing electricity audits in residential buildings with nonintrusive load monitoring. *Journal of Industrial Ecology — Revista da Faculdade de Serviço Social da UERJ*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 5, p. 844–858, 2010. ISSN 10881980. doi: 10.1111/j.1530-9290.2010.00280.x. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2010.00280.x/pdf>. Acesso em: 28 nov. 2019.
- CHINAENERGYMETER. *MEDIDOR DE ENERGIA ELETRICA DDS238-2*. 2020. Disponível em: <"http://www.chinaenergymeter.com/1-1-1-sw-single-phase-electricity-meter.html">. Acesso em: 20 set, 2018.
- EPE. *PDE 2031 - Consumo em edificações*. 2021. Disponível em: <"https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/CadernodeEficinciaeDemandaPDE2031.pdf">. Acesso em: 04 de abril, 2021.
- GHAHRAMANI, M. I. J. Z. Factorial hidden markov models. *Advances in Intelligent Systems Research*, Rio de Janeiro, v. 29, 1997. ISSN 0885-6125. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007425814087>. Acesso em: nov. 1997.
- GUPTA, S.; REYNOLDS, M. S.; PATEL, S. N. Electrisense: Single-point sensing using emi for electrical event detection and classification in the home. In: *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (UbiComp '10), p. 139–148. ISBN 9781605588438. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1864349.1864375>.
- HART, G. W. Non intrusive appliance load monitoring. *IEEE — Proceedings of the IEEE*, v. 80, n. 12, p. 1870–1891, 1992. Acesso em: 30 nov. 2019.

KANASHIRO, E. *Dissertação de mestrado - Consumo desagregado de energia: técnicas de monitoramento não intrusivo*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016.

KELLY, W. K. J. Neural nilm: Deep neural networks applied to energy disaggregation. *ACM — Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Built Environments*, 2015. Acesso em: 02 jan. 2020.

KOLTER, J. Z.; JAAKKOLA, T. Approximate inference in additive factorial hmms with application to energy disaggregation. In: LAWRENCE, N. D.; GIROLAMI, M. (Ed.). *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*. La Palma, Canary Islands: PMLR, 2012. (Proceedings of Machine Learning Research, v. 22), p. 1472–1482. Disponível em: <<https://proceedings.mlr.press/v22/zico12.html>>.

KOLTER, J. Z.; JOHNSON, M. J. Redd: A public data set for energy disaggregation research. In: CITESEER. *Workshop on data mining applications in sustainability (SIGKDD), San Diego, CA*. [S.l.], 2011. v. 25, n. Citeseer, p. 59–62.

LECUN, Y.; BENGIO, Y. et al. Convolutional networks for images, speech, and time series. *The handbook of brain theory and neural networks*, Citeseer, v. 3361, n. 10, p. 1995, 1995.

LEE, H. et al. Unsupervised feature learning for audio classification using convolutional deep belief networks. In: BENGIO, Y. et al. (Ed.). *Advances in Neural Information Processing Systems*. Curran Associates, Inc., 2009. v. 22. Disponível em: <https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2009/file/a113c1ecd3cace2237256f4c712f61b5-Paper.pdf>.

LIANG, J. Load signature study — part i: Basic concept, structure, and methodology. *IEEE — IEEE transactions on power Delivery*, v. 25, n. 2, p. 551–560, 2010. Acesso em: 26 nov. 2019.

MARTIN, L. e; LARS, K. e; LOUTFI, A. A review of unsupervised feature learning and deep learning for time-series modeling. *..*, v. 42, p. 11–24, 2014. Acesso em: 04 jan. 2020.

NASCIMENTO, P. P. M. do. Applications of deep learning techniques on nilm. *Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 2016.

ONUKE, A. S. et al. Desenvolvimento de algoritmo para identificação de padrões de consumo de energia elétrica nas residências. *Departamento de Engenharia Elétrica — Revista UNISANTA*, Santos, v. 3, n. 12, p. 131–148, 2018. ISSN 0034-723X.

ONUKE, A. S. et al. Trabalho de conclusão de curso - desenvolvimento de algoritmo para identificação de padrões de consumo de energia elétrica nas residências. *..*, 2018.

PAIXAO, A. et al. Classificação inteligente aplicada ao problema de identificação de cargas elétricas “idênticas”. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Anais do XLVIII SBPO*, 2016. Disponível em: <<http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2016/pdf/156448.pdf>>.

PARSON, O. et al. Non-intrusive load monitoring using prior models of general appliance types. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, v. 26, n. 1, p. 356–362, Sep. 2021. Disponível em: <<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/8162>>.

PENHA, D. d. P. et al. Rede neural convolucional aplicada à identificação de equipamentos residenciais para sistemas de monitoramento não-intrusivo de carga. Universidade Federal do Pará, 2018.

SUZUKI, K.; INAGAKI, S.; SUZUKI, T. Nonintrusive appliance load monitoring based on integer programming. In: *SICE Annual Conference* doi: 10.1109 - SICE.2008.4655131. [S.l.: s.n.], 2008. p. 2742–2747.

WANG, Z. *Encoding time series as images for visual inspection and classification using tiled convolutional neural networks*. 2015.

ZHENG, Y. et al. Time series classification using multi-channels deep convolutional neural networks. In: LI, F. et al. (Ed.). *Web-Age Information Management*. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 298–310. ISBN 978-3-319-08010-9.

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE

Arquivos gerados da pesquisa:

A.1 Código fonte gerado para o estudo:

- Software SwitchDetection (destinado a detecção de eventos)

`__main__.py`

```
from infrastructure import Logger, Config, MqttListener
import profiles

if __name__ == "__main__":
    config = Config()
    logger = Logger(config.errorLevel)

    mqttListener = MqttListener(logger,
                                config.broker['host'],
                                config.broker['port'],
                                config.broker['user'],
                                config.broker['password'],
                                config.broker['client_id'],
                                config.mainTopic,
                                config.broker['keepAlive'])

    #profileGeladeira = profiles.Geladeira(logger, database,
    "tele/SmartEng_Geladeira_008506/SENSOR")
    profileDetectaEvento =
profiles.DetectaEvento(logger, "tele/QuadroEntra_3C2120", mqttListener)

#mqttListener.registerProfile(profileGeladeira)
mqttListener.registerProfile(profileDetectaEvento)

mqttListener.start()
```

profiles.py

```
#from domain import
import json
import numpy as np
import datetime

class DetectaEvento:
    def __init__(self, logger=None, device=None, MqttListener=None):
        self.logger = logger
        self.device = device
        self.ListaCorrente = []
        self.ListaPAtiva = []
        self.ListaPReativa = []
        self.topicDeteccao = 'tele/QuadroEntra_3C2120/ANALISE'
        self.msg = 'TESTANDOMESSAGEM'
        self.MqttListener = MqttListener
        self.CongelaMedia = 0
        self.NAM_PAtiva5ultimas = 0
        self.NAM_Corrente5ultimas = 0
        self.NAM_EReativa5ultimas = 0
        self.confirmacao = 0
        self.MedicaoReferenciaCorrente = 0
        self.MedicaoReferenciaPAtiva = 0
        self.MedicaoReferenciaPReativa = 0

    def canHandle(self, topic):
        return topic == "%s/SENSOR" % (self.device,)

    def on_publish(self, topic, msg):
        self.logger.debug("|| Publicando no topico %s AS %s ||" %
(topic, msg))
        self.MqttListener.publish(topic,msg)

    def onDataReceived(self, topic, payload,logger=None,):
        data = json.loads(payload)

        if "SENSOR" in topic:
            self.logger.debug("\n\t\t[ PAYLOAD RECEBIDO DO QUADRO DE
ENTRADA: %s - %s ]\n\n" % (id, data))

            tamanhoLista = len(self.ListaCorrente)
            if tamanhoLista < 5:
                self.ListaCorrente.append(data['ENERGY']['Current'])
                self.ListaPAtiva.append(data['ENERGY']['ActivePower'])
                self.ListaPReativa.append(data['ENERGY']['ReactivePower'])
        )
```

```

        else:
            self.ListaCorrente.pop(0)
            self.ListaCorrente.append(data['ENERGY']["Current"])
            self.ListaPATiva.pop(0)
            self.ListaPATiva.append(data['ENERGY']["ActivePower"])
            self.ListaPREativa.pop(0)
            self.ListaPREativa.append(data['ENERGY']["ReactivePower"])
    )

        self.logger.debug("[ Resultado ListaCorrente: %s ] " % (
self.ListaCorrente))
        self.logger.debug("[ Resultado ListaPATiva: %s ] " % (
self.ListaPATiva))
        self.logger.debug("[ Resultado ListaPREativa: %s ] " % (
self.ListaPREativa))
        #resposta =
self.MqttListener.publish('tele/QuadroEntra3C2120/ANALISE', 'TESTANDOMESSA
GEM')

        if(self.CongelaMedia == 0):
            self.NAM_PAtiva5ultimas = np.mean(self.ListaPATiva)
            self.NAM_Corrente5ultimas =
np.mean(self.ListaCorrente)
            self.NAM_EReativa5ultimas =
np.mean(self.ListaPREativa)
            self.MedicaoReferenciaCorrente = self.ListaCorrente[-
2]

            self.MedicaoReferenciaPATiva = self.ListaPATiva[-2]
            self.MedicaoReferenciaPREativa = self.ListaPREativa[-
2]

        self.logger.debug("[ NAM: %s ] " % (
self.NAM_PAtiva5ultimas))

        ValorMaximoDeVariacaoVMP = 20 ##valor maximo de variacao
para usar como fator de deteccao, no caso, 70 e o minimo

        VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao = self.ListaPATiva[-
1] - self.NAM_PAtiva5ultimas

        self.logger.debug("[ Valor maximo de variacao VMP: %s ] "
% ( ValorMaximoDeVariacaoVMP))

        if (VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao>0):
            LigouDesligou = 1
        else:
            LigouDesligou = 0

```

```

        VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao =
abs(VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao)

        self.logger.debug("[ Diferenca entre Nam e Ultima
medicao: %s - %s = %s ] " % ( self.ListaPATiva[-
1],self.NAM_PAtiva5ultimas, VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao))
        self.logger.debug("[ DELTA PROVISORIO: %s - %s = %s ] "
% ( self.ListaPATiva[-1],self.MedicaoReferenciaPATiva,(self.ListaPATiva[-
1] - self.MedicaoReferenciaPATiva)))

        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%S')#datetime.datetime.utcnow().isoformat('S')
#datetime.datetime.now()

        if(VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao >
ValorMaximoDeVariacaoVMP):

            self.confirmacao = self.confirmacao + 1
            self.CongelaMedia = 1
            self.msg = "{\"Time\": \"" + str(currentDT) +
"\",\"NAM\": \"" + str(self.NAM_PAtiva5ultimas) + "\",\"VMP\": \"" +
str(ValorMaximoDeVariacaoVMP) + "\",\"VCA\": \"" +
str(VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao) + "\",\"Pre-Chaveamento\": \"" +
str(self.confirmacao) + "\",\"ChaveamentoDeCarga\": \"0\" +
\", \"LigouDesligou\": \"" + str(LigouDesligou) + "\"}"

            if(self.confirmacao==5):

                self.Delta_Corrente
= self.MedicaoReferenciaCorrente
                self.Delta_EAtiva
= self.MedicaoReferenciaPATiva
                self.Delta_ERreativa
= self.MedicaoReferenciaPREreativa

                self.logger.debug("[ Delta de Corrente: %s ] " %
( self.Delta_Corrente))
                self.logger.debug("[ Delta de Energia Ativa: %s ]
" % ( self.Delta_EAtiva))
                self.logger.debug("[ Delta de Energia Reativa: %s
] " % ( self.Delta_ERreativa))

                self.msg = "{\"Time\": \"" + str(currentDT) +
"\",\"NAM\": \"" + str(self.NAM_PAtiva5ultimas) + "\",\"VMP\": \"" +
str(ValorMaximoDeVariacaoVMP) + "\",\"VCA\": \"" +
str(VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao) + "\",\"Pre-Chaveamento\": \"" +
str(self.confirmacao) + "\",\"ChaveamentoDeCarga\": \"1\" +

```

```
","\LigouDesligou\":" + str(LigouDesligou) + ",\DELTACORRENTE\":" +
str(self.Delta_Corrente) + ",\DELTAEATIVA\":" + str(self.Delta_EAtiva)+
",\DELTAEREATIVA\":" + str(self.Delta_EReativa) +"}"
        self.confirmacao = 0
        self.CongelaMedia = 0

    else:
        self.confirmacao = 0
        self.CongelaMedia = 0
        self.msg = "{\Time\":" + str(currentDT) +
"\",\NAM\":" + str(self.NAM_PAtiva5ultimas) + ",\VMP\":" +
str(ValorMaximoDeVariacaoVMP) + ",\VCA\":" +
str(VCA_DiferencaEntreNAMEUltimaMedicao) + ",\Pre-Chaveamento\":" +
str(self.confirmacao) + ",\ChaveamentoDeCarga\":0}"

        resposta =
self.MqttListener.publish(self.topicDeteccao,self.msg)
```

Infrastructure.py

```
from paho.mqtt import client as clientMQTT
import time
import json
import socket

class Config:
    def __init__(self):
        self.broker = {
            'host': 'vps8008.publiccloud.com.br',
            'port': 1883,
            'client_id': 'DetectorDeCarga_',
            'user': 'sergio',
            'password': 'indaia',
            'keepAlive': 30,
        }

        self.errorLevel = 3
        self.mainTopic = "tele/#"

class Logger:
    def __init__(self, errorLevel=3):
        self.errorLevel = errorLevel

    def error(self, message):
        print("[ERROR] %s" % (message,))

    def warning(self, message):
        if self.errorLevel >= 1:
            print("[WARNING] %s" % (message,))

    def info(self, message):
        if self.errorLevel >= 2:
            print("[INFO] %s" % (message,))

    def debug(self, message):
        if self.errorLevel >= 3:
            print("[DEBUG] %s" % (message,))

class MqttListener:
    def __init__(self, logger=None, host=None, port=None, username=None,
password=None, client_id=None, topic=None, keepAlive=30):
        if not logger:
            logger = Logger()
        self.logger = logger

        if not host:
```

```
        raise Exception('Valor de host ta vazio!')

    self.topic = topic
    self.keepAlive = keepAlive
    self.host = host
    self.port = port
    self.profiles = []

    client_id = "%s_%d" % (client_id, int(time.time()))

    self.client = clientMQTT.Client(client_id)
    self.client.username_pw_set(username, password)
    self.client.on_message = self.on_message
    self.client.on_connect = self.on_connect
    self.client.on_disconnect = self.on_disconnect
    # self.client.on_publish = self.on_publish

    self.logger.debug("||PROGRAMA INICIADO COMO CLIENT_ID: %s ||" %
(client_id,))

    def start(self):
        self.run()

    def run(self):
        try:
            self.client.connect_async(host=self.host, port=self.port,
keepalive=self.keepAlive)
            self.client.loop_forever(timeout=5.0,
retry_first_connection=True)
        except socket.error:
            self.logger.debug("|| CONEXAO PERDIDA! TENTANDO SE CONECTAR
NOVAMENTE ||")
            self.run()

    def registerProfile(self, profile=None):
        if not hasattr(profile, 'onDataReceived') or not
callable(getattr(profile, 'onDataReceived')) or not hasattr(profile,
'canHandle') or not callable(getattr(profile, 'canHandle')):
            raise 'Invalid profile. Expected methods onDataReceived /
canHandle'

        self.profiles.append(profile)

    def on_connect(self, client, userdata, flags, rc):
        self.logger.debug("|| CONECTADO EM %s:%d AS %s ||" % (self.host,
self.port, self.client._client_id))
        client.subscribe(self.topic)
        self.logger.debug("|| SUBSCREVENDO EM %s ||" % (self.topic,))
```

```
    def publish(self, topic, msg):
        self.logger.debug("|| Publicando no topico %s AS %s ||" % (topic,
msg))
        self.client.publish(topic ,msg)

    def on_message(self, client, userdata, message):
        # self.logger.debug("|| MENSAGEM RECEBIDA %s: %s ||" %
(message.topic, message.payload))
        for n in range(0, len(self.profiles)):
            if self.profiles[n].canHandle(message.topic):
                return self.profiles[n].onDataReceived(message.topic,
message.payload)

        #self.logger.warning("Nenhum profile compativel registrado com o
topic %s" % (message.topic))

    def on_disconnect(self, client, userdata, rc):
        self.client.reconnect()
```


- Software softanalitc (destinado a classificação de cargas)

__main__.py

```
from infrastructure import Logger, Config, InfluxDB, MqttListener
import profiles
```

```
if __name__ == "__main__":
    config = Config()
    logger = Logger(config.errorLevel)

    database = InfluxDB(logger,
        config.databaseNEW['host'],
        config.databaseNEW['port'],
        config.databaseNEW['user'],
        config.databaseNEW['password'],
        config.databaseNEW['dbname'])

    mqttListener = MqttListener(logger,
        config.broker['host'],
        config.broker['port'],
        config.broker['user'],
        config.broker['password'],
        config.broker['client_id'],
        config.mainTopic,
        config.broker['keepAlive'])

    #profileGeladeira = profiles.Geladeira(logger, database,
    "tele/SmartEng_Geladeira_008506/SENSOR")
    profileQuadroEntrada = profiles.QuadroEntrada(logger,
    database, "tele/QuadroEntra_3C2120", mqttListener)

    #mqttListener.registerProfile(profileGeladeira)
    mqttListener.registerProfile(profileQuadroEntrada)

    mqttListener.start()
```

```
domain.py

from lib2to3.pgen2 import token

from infrastructure import Logger, Telegramer
import time
import numpy as np
import datetime

class SetPoint:
    def __init__(self, bCorrente=0.0, aCorrente=0.0, bEnergiaAtiva=0.0,
aEnergiaAtiva=0.0, bEnergiaReativa=0.0, aEnergiaReativa=0.0):
        self.bCorrente = bCorrente
        self.aCorrente = aCorrente
        self.bEnergiaAtiva = bEnergiaAtiva
        self.aEnergiaAtiva = aEnergiaAtiva
        self.bEnergiaReativa = bEnergiaReativa
        self.aEnergiaReativa = aEnergiaReativa

class SetPointCalculator:
    def __init__(self, logger=None, db=None, margemErro=0.2,
dataInicial=None, dataFinal=None, medidor=None, debug=False):
        if not logger:
            logger = Logger()
        self.logger = logger

        if not db:
            raise "Conexao com banco de dados invalida."

        if not dataInicial:
            raise "Data inicial requerida"

        if not dataFinal:
            raise "Data final requerida"

        if not medidor:
            raise "Medidor nao e valido"

        self.db = db
        self.dataInicial = dataInicial
        self.dataFinal = dataFinal
        self.medidor = medidor
        self.margemErro = margemErro

    def calculate(self):
        resultList = self.fetchCachedData()
        self.logger.debug("Janela de analise de CORRENTE:\n%s\n" %
(resultList,))
```

```

listLen = len(resultList)
if listLen > 0:
    currentList = []
    activePowerList = []
    reactivePowerList = []

    for n in range(0, listLen-1):
        currentList.append(resultList[n]["ENERGY_Current"])
        if self.medidor == "tele/MaquinaLavarNovo_81B167/SENSOR"
or self.medidor == "tele/FreezerNovo_834D6D/SENSOR" or self.medidor ==
"tele/sercador_5A7C95/SENSOR":
            activePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_Power"])
        else:
            activePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_ActivePo
wer"])
            reactivePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_ReactivePo
wer"])

    bCorrente, aCorrente = self.calcDMA(currentList)
    bEnergiaAtiva, aEnergiaAtiva = self.calcDMA(activePowerList)
    bEnergiaReativa, aEnergiaReativa =
self.calcDMA(reactivePowerList)

    return SetPoint(bCorrente, aCorrente, bEnergiaAtiva,
aEnergiaAtiva)#, bEnergiaReativa, aEnergiaReativa)

def calcDMA(self, list=None):
    dmaMin = np.min(list)
    print(dmaMin)
    dmaMax = np.max(list)
    print(dmaMax)
    #dmaMean = np.mean(list)
    #print(dmaMean)

    vr = ((dmaMax - dmaMin) / 2.0) + dmaMin
    self.logger.debug("Valor de VR calculado: %f" % (vr,))

    me_min = dmaMin * self.margemErro
    me_max = dmaMax * self.margemErro

    lm_max = dmaMax + me_max #Limite Maximo
    lm_min = dmaMin - me_min #Limite Minimo
    be = lm_max - lm_min #Banda de excursao

    lm_sp = ((be)/2)+lm_min
    b = lm_sp

    #Ponderacao CORRENTE
    a = abs(lm_max - b)

```

```
vlp = abs((b - list[-1]) / a)

if list[-1] > b:
    vlp = abs((list[-1] - b) / a)

if a <= 0:
    vlp = 1
    self.logger.warning("VLP=1 forçado, pode ter dado problema no
medidor")

# self.logger.debug("VLP: %.30f" % (vlp,))

return (b, a) # retorna uma tupla

def fetchCachedData(self):
    if self.medidor == "tele/MaquinaLavarNovo_81B167/SENSOR" or
self.medidor == "tele/FreezerNovo_834D6D/SENSOR" or self.medidor ==
"tele/sercador_5A7C95/SENSOR":
        query = """
            SELECT "ENERGY_Current",
                   "ENERGY_Power",
                   "ENERGY_ReactivePower"
            FROM "mestrado_resultados"."autogen"."mqtt_consumer"
            WHERE time > '%s'
            AND time < '%s'
            AND "medidores" = '%s'
        """ % (self.dataInicial, self.dataFinal, self.medidor)
    else:
        query = """
            SELECT "ENERGY_Current",
                   "ENERGY_ActivePower",
                   "ENERGY_ReactivePower"
            FROM "mestrado_resultados"."autogen"."mqtt_consumer"
            WHERE time > '%s'
            AND time < '%s'
            AND "medidores" = '%s'
        """ % (self.dataInicial, self.dataFinal, self.medidor)

    self.logger.debug("Executando a query: %s" % (query,))
    result = self.db.conn().query(query)
    while not result:
        self.logger.warning("Query vazia, tentando em 2 segundos
novamente...")
        time.sleep(2)
        result = self.db.conn().query(query)

    return [row for row in dict(result).values()[0]]
```

```

class LogicEngine:
    def __init__(self, logger=None, MqttListener=None):
        if not logger:
            logger = Logger()
        self.logger = logger
        self.ResultadoAnalise = []

        self.MqttListener = MqttListener
        self.PubMsg = "mensagem"
        self.quantidadeListaTopic = 0

    def AplicaComparacaoDePadrao(self,
CargaASerAnalizada_Corrente=None, CargaASerAnalizada_PAtiva=None, CargaASer
Analizada_PReativa=None, SetPoint = None, PubTopic =None):
        VLP_CargaASerAnalizada_Corrente = []
        VLP_CargaASerAnalizada_PAtiva = []
        VLP_CargaASerAnalizada_PReativa = []
        for i in range(len(CargaASerAnalizada_Corrente)):
            #Calcula VLP da corrente
            if SetPoint.aCorrente <= 0:
                VLP_CargaASerAnalizada_Corrente.append(1)
                self.logger.warning("VLP=1 forçado na corrente,
Algum valor =0 ou medidor nao enviou nada")
            else:
                if CargaASerAnalizada_Corrente[-1] >=
SetPoint.bCorrente:
                    VLP_CargaASerAnalizada_Corrente.append(
abs((CargaASerAnalizada_Corrente[i] - SetPoint.bCorrente)/
SetPoint.aCorrente))
                else:
                    VLP_CargaASerAnalizada_Corrente.append(
abs((SetPoint.bCorrente - CargaASerAnalizada_Corrente[i]) /
SetPoint.aCorrente ))

            #Calcula VLP da PAtiva
            if SetPoint.aEnergiaAtiva <= 0:
                VLP_CargaASerAnalizada_PAtiva.append(1)
                self.logger.warning("VLP=1 forçado na PAtiva,
Algum valor =0 ou medidor nao enviou nada")
            else:
                if CargaASerAnalizada_PAtiva[-1] >=
SetPoint.bEnergiaAtiva:
                    VLP_CargaASerAnalizada_PAtiva.append(
abs((CargaASerAnalizada_PAtiva[i] - SetPoint.bEnergiaAtiva)/
SetPoint.aEnergiaAtiva))
                else:

```

```

        VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva.append(
abs((SetPoint.bEnergiaAtiva - CargaASerAnalisada_PAtiva[i]) /
SetPoint.aEnergiaAtiva ))

        #Calcula VLP da PReativa
        """
        if SetPoint.aEnergiaReativa <= 0:
            VLP_CargaASerAnalisada_PReativa.append(1)
            self.logger.warning("VLP=1 forçado na PReativa,
Algum valor =0 ou medidor nao enviou nada")
        else:
            if CargaASerAnalisada_PReativa[-1] >=
SetPoint.bEnergiaReativa:
                VLP_CargaASerAnalisada_PReativa.append(
abs((CargaASerAnalisada_PReativa[i] - SetPoint.bEnergiaReativa)/
SetPoint.aEnergiaReativa))
            else:
                VLP_CargaASerAnalisada_PReativa.append(
abs((SetPoint.bEnergiaReativa - CargaASerAnalisada_PReativa[i]) /
SetPoint.aEnergiaReativa ))
        """
        self.logger.debug("Amostra numero %s VLP Corrente: %s
" % (i,VLP_CargaASerAnalisada_Corrente[i],))
        self.logger.debug("Amostra numero %s VLP PAtiva: %s "
% (i,VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva[i],))
        # self.logger.debug("Amostra numero %s VLP PReativa:
%s " % (i,VLP_CargaASerAnalisada_PReativa[i],))

        #\"Time\":\":" + str(currentDT) + "\",
currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-
%m-%dT%H:%M:%SZ')
        self.PubMsg = "{\"VLPCorrente\":\":" +
str(np.format_float_positional(np.float16(VLP_CargaASerAnalisada_Corrente
[i]), unique=False, precision=3)) + "\",\"VLPPAtiva\":\":" + str(
np.format_float_positional(np.float16( VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva[i]),
unique=False, precision=3 )) + "\"}" # + "\",\"VLPPReativa\":" +
str(VLP_CargaASerAnalisada_PReativa[i]) +
        resposta =
self.MqttListener.publish(PubTopic,self.PubMsg)#PubTopic

        #time.sleep(0.5)

        self.logger.debug("Set de amostras de Corrente: %s " %
(VLP_CargaASerAnalisada_Corrente,))
        self.logger.debug("Set de amostras de PAtiva: %s " %
(VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva,))
        #self.logger.debug("Set de amostras de PReativa: %s " %
(VLP_CargaASerAnalisada_PReativa,))

```

```

        #if SetPoint.aEnergiaReativa <= 0: #Retirado o calculo de reativo
do VLP
    SomaVLPCorrente = np.sum(VLP_CargaASerAnalisada_Corrente)
    SomaVLPPAtiva = np.sum(VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva)
    ResultadoSoma = np.sum([SomaVLPPAtiva,SomaVLPCorrente])

    self.logger.debug("Soma das amostras VLP de corrente: %s " %
(SomaVLPCorrente,))
    self.logger.debug("Soma das amostras VLP de PAtiva: %s " %
(SomaVLPPAtiva,))
    self.logger.debug("VLP PReativa excluida por ser = 0 ")

    self.ResultadoAnalise = [ResultadoSoma,
SomaVLPCorrente,SomaVLPPAtiva]
    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
    self.PubMsg = "{\"Time\": \"" + str(currentDT) +
"\",\"ResultadoSoma\": " + str(ResultadoSoma) + ",\"SomaVLPCorrente\": " +
str(SomaVLPCorrente) + ",\"SomaVLPPAtiva\": " + str(SomaVLPPAtiva) + "}"
    resposta = self.MqttListener.publish(PubTopic,self.PubMsg)
    """"Retirado o calculo de Reativo do VLP
else:
    SomaVLPCorrente = np.sum(VLP_CargaASerAnalisada_Corrente)
    SomaVLPPAtiva = np.sum(VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva)
    SomaVLPPReativa = np.sum(VLP_CargaASerAnalisada_PReativa)
    ResultadoSoma =
np.sum([SomaVLPPAtiva,SomaVLPCorrente,SomaVLPPReativa])

    self.logger.debug("Soma das amostras VLP de corrente: %s " %
(SomaVLPCorrente,))
    self.logger.debug("Soma das amostras VLP de PAtiva: %s " %
(SomaVLPPAtiva,))
    self.logger.debug("Soma das amostras VLP de PReativa: %s " %
(SomaVLPPReativa,))

    self.ResultadoAnalise = [ResultadoSoma,
SomaVLPCorrente,SomaVLPPAtiva,SomaVLPPReativa]

    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
    self.PubMsg = "{\"Time\": \"" + str(currentDT) +
"\",\"ResultadoSoma\": " + str(ResultadoSoma) + ",\"SomaVLPCorrente\": " +
str(SomaVLPCorrente) + ",\"SomaVLPPAtiva\": " + str(SomaVLPPAtiva) +
",\"SomaVLPPReativa\": " + str(SomaVLPPReativa)+ "}"
    resposta = self.MqttListener.publish(PubTopic,self.PubMsg)
    """"
    self.logger.debug("Resultado da analise da soma: %s " %
(self.ResultadoAnalise,))

```

```

    return ResultadoSoma

    def ClassificacaoFinal(self, listaResultados = [], ListaTopico =
[], LigaDesligaFlag=None):

        #self.logger.debug("ListaResultados: %s", listaResultados)
        ValorMenor = np.min(listaResultados)
        self.logger.debug("Menor Valor calculado: %s " % (ValorMenor,))
        self.quantidadeListaTopic = len(ListaTopico)
        for j in range(self.quantidadeListaTopic):
            self.logger.debug(" Atuando no topico %s: %s" %
(j,ListaTopico[j]))
            #for i in range(len(listaResultados)):
            if(listaResultados[j] == ValorMenor and listaResultados[j] <=
30):
                self.logger.debug("Classificou!, o valor foi: %s e o
menor ate agora e: %s" % (listaResultados[j],ValorMenor,))
                currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                self.PubMsg = "{\"Time\": \"\" + str(currentDT) +
\", \"AcionamentoCarga\": \"\" + str(LigaDesligaFlag) + \"\"}"
                self.logger.debug("publicando mensagem: %s no topico: %s
" % (self.PubMsg,ListaTopico[j]))
                resposta =
self.MqttListener.publish(ListaTopico[j],self.PubMsg)
                #time.sleep(0.1)
            else:
                self.logger.debug("Nao classificou, o valor foi: %s e o
menor ate agora e: %s" % (listaResultados[j],ValorMenor,))

class TESTES:
    def __init__(self, logger=None, db=None, margemErro=0.2,
dataInicial=None, dataFinal=None, medidor=None,
debug=False,MqttListener=None):
        if not logger:
            logger = Logger()
            self.logger = logger

        if not db:
            raise "Conexao com banco de dados invalida."

        self.db = db

        if not dataInicial:
            raise "Data inicial requerida"

```



```

    if not dataFinal:
        raise "Data final requerida"

    if not medidor:
        raise "Medidor nao e valido"

    self.db = db
    self.dataInicial = dataInicial
    self.dataFinal = dataFinal
    self.medidor = medidor
    self.margemErro = margemErro
    self.MqttListener = MqttListener

    def
    fetchCachedDataTestes(self, dataInicial=None, dataFinal=None, medidor=None):
        query = """
            SELECT  "VLPPAtiva",
                    "VLPCorrente",
                    "VLPPReativa"
            FROM    "mestrado_resultados"."autogen"."mqtt_consumer"
            WHERE   time > '%s'
            AND     time < '%s'
            AND     "medidores" = '%s'
        """ % (dataInicial, dataFinal, medidor)
        self.logger.debug("Executando a query: %s" % (query,))
        result = self.db.conn().query(query)
        while not result:
            self.logger.warning("Query vazia, tentando em 2 segundos
novamente...")
            time.sleep(2)
            result = self.db.conn().query(query)

        return [row for row in dict(result).values()[0]]

    def PublicaTeste():
        resultList = self.fetchCachedData()
        self.logger.debug("Janela de analise de CORRENTE:\n%s\n" %
(resultList,))

        listLen = len(resultList)
        if listLen > 0:
            currentList = []
            activePowerList = []
            reactivePowerList = []

            for n in range(0, listLen-1):
                currentList.append(resultList[n]["ENERGY_Current"])

```

```
        if self.medidor == "tele/MaquinaLavarNovo_81B167/SENSOR"
or self.medidor == "tele/FreezerNovo_834D6D/SENSOR" or self.medidor ==
"tele/sercador_5A7C95/SENSOR":
            activePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_Power"])
            else:
                activePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_ActivePo
wer"])
                reactivePowerList.append(resultList[n]["ENERGY_ReactivePo
wer"])

        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
        self.PubMsg = "{\\"Time\":" + str(currentDT) +
"\",\\"CorrenteQuadroEntrada\":" + str(data['ENERGY']["Current"]) +
",\\"CorrenteCargaDetectada\":" +
str(self.CargaASerAnalisada_Corrente[self.ContadorDeAmostras]) +
",\\"PATivaQuadroEntrada\":" + str(data['ENERGY']['ActivePower']) +
",\\"PATivaCargaDetectada\":" +
str(self.CargaASerAnalisada_PATiva[self.ContadorDeAmostras]) +
",\\"PReativaQuadroEntrada\":" + str(data['ENERGY']['ReactivePower']) +
",\\"PReativaCargaDetectada\":" +
str(self.CargaASerAnalisada_PReativa[self.ContadorDeAmostras]) + "}"
        resposta =
self.MqttListener.publish('tele/QuadroEntra_3C2120/ANALISE/CARGADEANALISE
',self.PubMsg)
```

infrastructure.py

```
from paho.mqtt import client as clientMQTT
import time
import json
import socket
from influxdb import InfluxDBClient
import telepot

class Config:
    def __init__(self):
        self.broker = {
            'host': 'vps8008.publiccloud.com.br',
            'port': 1883,
            'client_id': 'AnalisadorDeCargas',
            'user': 'sergio',
            'password': 'indaia',
            'keepAlive': 30,
        }
        self.databaseNEW = {
            "user": "mestradoUser",
            "password": "mestrado",
            "host": "vps8008.publiccloud.com.br",
            "port": 8086,
            "dbname": "mestrado_resultados",
        }

        self.errorLevel = 3
        self.mainTopic = "tele/#"

class Logger:
    def __init__(self, errorLevel=3):
        self.errorLevel = errorLevel

    def error(self, message):
        print("[ERROR] %s" % (message,))

    def warning(self, message):
        if self.errorLevel >= 1:
            print("[WARNING] %s" % (message,))

    def info(self, message):
        if self.errorLevel >= 2:
            print("[INFO] %s" % (message,))

    def debug(self, message):
        if self.errorLevel >= 3:
            print("[DEBUG] %s" % (message,))
```

```
class MqttListener:
    def __init__(self, logger=None, host=None, port=None, username=None,
password=None, client_id=None, topic=None, keepAlive=30):
        if not logger:
            logger = Logger()
            self.logger = logger

        if not host:
            raise Exception('Valor de host ta vazio!')

        self.topic = topic
        self.keepAlive = keepAlive
        self.host = host
        self.port = port
        self.profiles = []

        client_id = "%s_%d" % (client_id, int(time.time()))

        self.client = clientMQTT.Client(client_id)
        self.client.username_pw_set(username, password)
        self.client.on_message = self.on_message
        self.client.on_connect = self.on_connect
        self.client.on_disconnect = self.on_disconnect

        self.logger.debug("||PROGRAMA INICIADO COMO CLIENT_ID: %s ||" %
(client_id,))

    def start(self):
        self.run()

    def run(self):
        try:
            self.client.connect_async(host=self.host, port=self.port,
keepalive=self.keepAlive)
            self.client.loop_forever(timeout=5.0,
retry_first_connection=True)
        except socket.error:
            self.logger.debug("|| CONEXAO PERDIDA! TENTANDO SE CONECTAR
NOVAMENTE ||")
            self.run()

    def registerProfile(self, profile=None):
        if not hasattr(profile, 'onDataReceived') or not
callable(getattr(profile, 'onDataReceived')) or not hasattr(profile,
'canHandle') or not callable(getattr(profile, 'canHandle')):
            raise 'Invalid profile. Expected methods onDataReceived /
canHandle'
```

```
        self.profiles.append(profile)

    def on_connect(self, client, userdata, flags, rc):
        self.logger.debug("|| CONECTADO EM %s:%d AS %s ||" % (self.host,
self.port, self.client._client_id))
        client.subscribe(self.topic)
        self.logger.debug("|| SUBSCREVENDO EM %s ||" % (self.topic,))

    def publish(self, topic, msg):
        self.logger.debug("|| Publicando no topico %s AS %s ||" % (topic,
msg))
        self.client.publish(topic,msg)

    def on_message(self, client, userdata, message):
        # self.logger.debug("|| MENSAGEM RECEBIDA %s: %s ||" %
(message.topic, message.payload))
        for n in range(0, len(self.profiles)):
            if self.profiles[n].canHandle(message.topic):
                return self.profiles[n].onDataReceived(message.topic,
message.payload)

        #self.logger.warning("Nenhum profile compativel registrado com o
topic %s" % (message.topic))

    def on_disconnect(self, client, userdata, rc):
        self.client.reconnect()

class InfluxDB:
    def __init__(self, logger=None, host=None, port=None, user=None,
password=None, dbname=None):
        if not logger:
            logger = Logger()
        self.logger = logger

        self.logger.debug("CONECTANDO AO INFLUXDB 1.7 %s@%d:%s/%s ||" %
(host, int(port), user, dbname))
        self.db = InfluxDBClient(host=host, port=port, username=user,
password=password, database=dbname)

    def conn(self):
        return self.db

class Telegramer:
    def __init__(self,logger=None):
        if not logger:
            logger = Logger()
        self.logger = logger
```

```
def enviaMensagemTelegram(self,msg,TOKEN=None,chat_id=None):  
  
    bot=telepot.Bot(TOKEN)  
    bot.sendMessage(chat_id,msg)
```

profiles.py

```
from domain import SetPointCalculator, LogicEngine
import json
import numpy as np
import datetime
from infrastructure import Telegramer
import time

class QuadroEntrada:

    def __init__(self, logger=None, database=None, device=None,
MqttListener=None):

        self.logger = logger
        self.device = device
        self.databases = database
        self.switched = False
        self.ContadorDeAmostras = 0
        #se atentar a necessidade de colocar +3 horas por se tratar de
UTC
        self.Geladeira = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-06-11T13:31:00.000Z", "2023-06-
11T13:34:21.000Z", "tele/SmartEng_Geladeira_008506/SENSOR").calculate()
        self.Freezer = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-05-26T03:09:00.000Z", "2023-05-
26T03:12:14.000Z", "tele/FreezerNovo_834D6D/SENSOR").calculate()
        self.ChuveiroMaximo = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-05-26T03:00:00.000Z", "2023-05-
26T03:03:10.000Z", "tele/smarteng_ChuveiroSuite_3BD034/SENSOR").calculate(
)
        self.MaquinaDeLavar = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-05-24T00:27:27.000Z", "2023-05-
24T00:30:41.000Z", "tele/MaquinaLavarNovo_81B167/SENSOR").calculate()
        self.SecadorMinFrio = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-06-09T05:26:54.000Z", "2023-06-
09T05:30:04.999Z", "tele/sercador_5A7C95/SENSOR").calculate()
        self.SecadorFrio = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-06-09T05:40:55.000Z", "2023-06-
09T05:44:14.999Z", "tele/sercador_5A7C95/SENSOR").calculate()
        self.SecadorMin = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-06-09T05:31:44.000Z", "2023-06-
09T05:35:04.999Z", "tele/sercador_5A7C95/SENSOR").calculate()
        self.Secador = SetPointCalculator(logger, database,
0.2, "2023-06-09T05:49:14.000Z", "2023-06-
09T05:52:25.999Z", "tele/sercador_5A7C95/SENSOR").calculate()
        self.MqttListener = MqttListener
```

```

self.logicCalc =          LogicEngine(logger,self.MqttListener)
self.ContadorDeAmostras = 0
self.ligouDesligou =     0

def canHandle(self, topic):
    #self.logger.debug("canHandle topic %s .. %s " %
    (topic,"%s/CHUVEIROMINIMO" % (self.device,)))

    return topic == "%s/SENSOR" % (self.device,) or topic ==
"%s/ANALISE" % (self.device,) or topic == "%s/SECADOR" % (self.device,)
or topic == "%s/CHUVEIROMAXIMO" % (self.device,) or topic ==
"%s/GELADEIRA" % (self.device,) or topic == "%s/FREEZERNOVO" %
(self.device,) or topic == "%s/MAQUINADELAVARNOVO" % (self.device,)

def onDataReceived(self, topic, payload,logger=None, database=None,):
    data = json.loads(payload)
    telegram = Telegramer(logger)

    if "ANALISE" in topic and data["ChaveamentoDeCarga"] >= 1:
        self.logger.debug("Evento detectado! DELTA
CORRENTE:      %s" % (data['DELTACORRENTE']))
        self.logger.debug("Evento detectado! DELTA POTENCIA
ATIVA: %s" % (data['DELTAEREATIVA']))
        self.logger.debug("Evento detectado! DELTA POTENCIA REATIVA
%s" % (data['DELTAEREATIVA']))
        self.deltaCorrente = data['DELTACORRENTE']
        self.deltaPAtiva   = data['DELTAEREATIVA']
        self.deltaPReativa = data['DELTAEREATIVA']
        self.ligouDesligou = data['LigouDesligou']
        self.switched = True
        self.ContadorDeAmostras = 0
        self.CargaASerAnalisada_Corrente = []
        self.CargaASerAnalisada_PAtiva = []
        self.CargaASerAnalisada_PReativa = []
        self.j = 0

    if "SENSOR" in topic and self.switched:

        self.logger.debug("\n[ PAYLOAD RECEBIDO QUADRO ENTRADA POS
CONGELAMENTO: %s, %s]\n" % (id, data))

        if(self.ContadorDeAmostras < 20):
            self.logger.debug("Amostra numero %s " %
(self.ContadorDeAmostras,))

            self.CargaASerAnalisada_Corrente.append(abs(data['ENERGY'
][["Current"]] - self.deltaCorrente))

```



```

        self.CargaASerAnalisada_PAtiva.append(abs( data['ENERGY'
][ 'ActivePower' ] - self.deltaPATiva))
        self.CargaASerAnalisada_PReativa.append(abs(data['ENERGY'
][ 'ReactivePower' ] - self.deltaPReativa))

        self.logger.debug("Amostra numero %s da Delta Corrente:
%s - %s = %s" % (self.ContadorDeAmostras, data['ENERGY']["Current"],
self.deltaCorrente, self.CargaASerAnalisada_Corrente,))
        self.logger.debug("Amostra numero %s da Delta
PATIVA: %s - %s = %s" % (self.ContadorDeAmostras,
data['ENERGY'] ['ActivePower' ] , self.deltaPATiva,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,))
        self.logger.debug("Amostra numero %s de Delta PReativa:
%s - %s = %s" % (self.ContadorDeAmostras,
data['ENERGY'] ['ReactivePower' ], self.deltaPReativa,
self.CargaASerAnalisada_PReativa,))

        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
        self.PubMsg = "{\"Time\": \"" + str(currentDT) +
"\", \"CorrenteQuadroEntrada\": \" + str(data['ENERGY']["Current"]) +
", \"CorrenteCargaDetectada\": \" +
str(self.CargaASerAnalisada_Corrente[self.ContadorDeAmostras]) +
\", \"PATivaQuadroEntrada\": \" + str(data['ENERGY'] ['ActivePower' ]) +
\", \"PATivaCargaDetectada\": \" +
str(self.CargaASerAnalisada_PAtiva[self.ContadorDeAmostras]) +
\", \"PReativaQuadroEntrada\": \" + str(data['ENERGY'] ['ReactivePower' ]) +
\", \"PReativaCargaDetectada\": \" +
str(self.CargaASerAnalisada_PReativa[self.ContadorDeAmostras]) + \"}"
        resposta =
self.MqttListener.publish('tele/QuadroEntra_3C2120/ANALISE/CARGADEANALISE
',self.PubMsg)
        self.logger.debug(resposta)
        self.j = self.j + 1
        self.ContadorDeAmostras = self.ContadorDeAmostras+1
    else:
        self.switched = False
        self.ContadorDeAmostras = 0
        self.VLP_CargaASerAnalisada_Corrente = []
        self.VLP_CargaASerAnalisada_PAtiva = []
        self.VLP_CargaASerAnalisada_PReativa = []

        ResultadoAnaliseGeladeira =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva, self.CargaASerAnalisada_PReativa, self.Gela
deira, 'tele/QuadroEntra_3C2120/GELADEIRA')
        ResultadoAnaliseChuveiroMaximo =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,

```

```
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.ChuveiroMaximo,'tele/QuadroEntra_3C2120/CHUVEIROMAXIMO')
    ResultadoAnaliseFreezer =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.Freezer,'tele/QuadroEntra_3C2120/FREEZERNOVO')
    ResultadoAnaliseMaquinaDeLavar =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.MaquinaDeLavar,'tele/QuadroEntra_3C2120/MAQUINADELAVARNOVO')
    ResultadoAnaliseSecador =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.Secador,'tele/QuadroEntra_3C2120/SECADOR')
    ResultadoAnaliseSecadorFrio =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.SecadorFrio,'tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORFRIO')
    ResultadoAnaliseSecadorMin =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.SecadorMin,'tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORMIN')
    ResultadoAnaliseSecadorMinFrio =
self.logicCalc.AplicaComparacaoDePadrao(self.CargaASerAnalisada_Corrente,
self.CargaASerAnalisada_PAtiva,self.CargaASerAnalisada_PReativa,self.SecadorMinFrio,'tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORMINFRIO')

    ListaResultados =
[ResultadoAnaliseGeladeira,ResultadoAnaliseChuveiroMaximo,ResultadoAnaliseFreezer,ResultadoAnaliseMaquinaDeLavar,ResultadoAnaliseSecador,ResultadoAnaliseSecadorFrio,ResultadoAnaliseSecadorMin,ResultadoAnaliseSecadorMinFrio]

    ListaTopicos =
['tele/QuadroEntra_3C2120/GELADEIRA','tele/QuadroEntra_3C2120/CHUVEIROMAXIMO','tele/QuadroEntra_3C2120/FREEZERNOVO','tele/QuadroEntra_3C2120/MAQUINADELAVARNOVO','tele/QuadroEntra_3C2120/SECADOR','tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORFRIO','tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORMIN','tele/QuadroEntra_3C2120/SECADORMINFRIO']

    self.logicCalc.ClassificacaoFinal(ListaResultados,ListaTopicos,self.ligouDesligou)

    if "CHUVEIROMAXIMO" in topic:
        if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
```

```
        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ')
        telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Chuveiro da
suite na potencia maxima as " + str(currentDT)
        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,"Telegrambo
tkey","BOTIDNUMBER")
        if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
            currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ')
            telegramPubMsg = " Chuveiro na potencia maxima Desligado
as " + str(currentDT)
            telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

        if "FREEZERNOVO" in topic :
            if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ UTC')
                telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Freezer as "
+ str(currentDT)
                telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = " Freezer na potencia media Desligado as
" + str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

            if "MAQUINADELAVARNOVO" in topic:
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = "Detectado acionamento da Maquina de
Lavar as " + str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
                    if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%SZ')
                        telegramPubMsg = " Maquina de Lavar na potencia minima
Desligado as " + str(currentDT)
```

```
        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

        if "GELADEIRA" in topic:
            if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                telegramPubMsg = "Detectado acionamento da Geladeira as "
+ str(currentDT)
                telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = "Geladeira desligada as "
+ str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

            if "SECADOR" in topic:
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Secador as "
+ str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
                    if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                        telegramPubMsg = "Secador desligado as "
+ str(currentDT)
                        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

            if "SECADORFRIO" in topic:
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Secador NO
MODO FRIO as " + str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
```

```
        if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
            currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
            telegramPubMsg = "Secador NO MODO FRIO desligado as "
+ str(currentDT)
            telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
            if "SECADORMINFRIO" in topic:
                if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                    currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                    telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Secador NO
MINIMO E NO MODO FRIO as " + str(currentDT)
                    telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg"Telegrambot
key","BOTIDNUMBER")
                    if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                        telegramPubMsg = "Secador NO MINIMO E MODO FRIO desligado
as " + str(currentDT)
                        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")

                if "SECADORMIN" in topic:
                    if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
1:
                        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                        telegramPubMsg = "Detectado acionamento do Secador NO
MINIMO as " + str(currentDT)
                        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
                    if "AcionamentoCarga" in data and data['AcionamentoCarga'] ==
0:
                        currentDT = datetime.datetime.utcnow().strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%SZ')
                        telegramPubMsg = "Secador NO MINIMO desligado as "
+ str(currentDT)
                        telegram.enviaMensagemTelegram(telegramPubMsg,
"Telegrambotkey","BOTIDNUMBER")
```