



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Trabalho de Licenciatura**

Tema:

**Implementação de Um Sistema de Alerta de  
Consumo de Energia Eléctrica via SMS**

**Autor:**

Manjate, Jacinto Maurício

**Supervisora:**

Mestre Roxan Cadir Eng<sup>a</sup>.

**Co-Supervisor:**

Eng<sup>o</sup>. Hélder Baloi

Maputo, Novembro de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELECTRÓNICA**  
**Trabalho de Licenciatura**

Tema:

**Implementação de Um Sistema de Alerta de  
Consumo de Energia Eléctrica via SMS**

**Autor:**

Manjate, Jacinto Maurício

**Supervisora:**

Mestre Roxan Cadir Eng<sup>a</sup>.

**Co-Supervisor:**

Eng<sup>o</sup>. Hélder Baloi

Maputo, Novembro de 2022

# Índice

Índice.....	ii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	vi
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Siglas.....	viii
Dedicatória.....	ix
Epígrafe.....	x
Agradecimentos.....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1. CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Definição do problema.....	3
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Hipótese.....	4
1.5. Objectivos do trabalho.....	4
1.5.1. Objectivo geral.....	4
1.5.2. Objectivos específicos.....	4
1.6. Estrutura do trabalho.....	5
2. CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1. Potência e Energia eléctrica.....	7
2.1.1. Potência eléctrica.....	7
2.1.1.1. Medidor de potência.....	9
2.1.2. Energia eléctrica.....	10
2.1.2.1. Medidores de energia.....	11
2.1.2.2. Vantagens do sistema pré-pago de energia eléctrica (Credelec).....	13
2.1.2.3. Limitações do sistema pré-pago de energia eléctrica (Credelec).....	13
2.2. Consumo residencial de energia.....	14
2.2.1. Factores que influenciam na variação do consumo de energia nas instalações residenciais.....	14

2.3. Comunicações móveis GSM.....	15
2.3.1. Arquitetura da rede .....	16
2.3.1.1. Estação móvel (MS).....	17
2.3.1.2. Sistema de estação base (BSS) .....	17
2.3.1.3. Subsistema da rede e comutação (NSS).....	18
Bases de dados .....	18
2.3.1.4. Centro de operação e manutenção.....	19
2.3.3. Serviço de mensagens curtas (SMS).....	19
2.3.3.1. SMS Ponto-a-Ponto .....	20
2.3.3.1.1. SMS enviado MO/PP .....	20
2.3.3.1.1. SMS de Terminação Móvel (MT) .....	21
2.3.4. Aplicações e benefícios do sistema GSM.....	23
3. CAPÍTULO III- METODOLOGIAS DO TRABALHO E MATERIAIS.....	24
3.1. Metodologias do Trabalho .....	24
3.1.1. Classificação da metodologia do trabalho.....	24
3.1.2. Inquéritos .....	25
3.1.2.1. Inquérito A .....	26
3.1.2.2. Inquérito B .....	27
3.1.3. Observação (Estudo de caso).....	27
3.1.3.1. Resultados do estudo do caso .....	28
3.2. Lista de Material.....	30
3.2.1. Escolha do material a usar.....	30
3.2.1.1. Escolha do <i>hardware</i> embarcado microcontrolador.....	30
3.2.1.2. Escolha da tecnologia de comunicação.....	30
3.2.2. Material a usar .....	31
3.2.3. Arduíno Mega 2560 .....	32
3.2.3.1. Especificações técnicas.....	33
3.2.4. Modulo GPRS/GSM SIM800L.....	34
3.2.4.1. Especificações técnicas do SIM800L .....	35
3.2.5. Sensor de corrente ACS712 .....	36
3.2.5.1. Especificações técnicas do ACS712 .....	36
3.2.6. Sensor de tensão AC ZMPT101B.....	37

3.2.6.1.	Especificações técnicas do ZMPT101B.....	37
4.	CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA .....	38
4.1.	Medidor de consumo de energia.....	38
4.1.1.	Funcionamento do medidor de energia .....	39
4.1.1.1.	Corte de energia.....	40
4.1.1.2.	Processo de recarga.....	41
4.2.	Sistema de alerta .....	41
4.3.	Fluxograma .....	43
4.4.	Esquema eléctrico funcional .....	49
4.5.	Montagem real .....	50
4.6.	Orçamento .....	51
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDO 52	
5.1.	Conclusões .....	52
5.2.	Limitações e desafios.....	53
5.2.1.	Medidas de mitigação .....	54
5.3.	Recomendações de estudo.....	54
	Referências Bibliográficas .....	55
	Anexos .....	57
	Anexo 1: Código fonte .....	57
	Anexo 2: Resultados do inquério A.....	64
	Anexo 3: Resultados do estudo do caso.....	65
	Anexo 4: Dados de acesso a telefone celular em Moçambique.....	71
	Anexo 5: Interface gráfica do gerador de recargas .....	73
	Anexo 6: Protótipo .....	75

## Lista de Figuras

Figura 1. Esquema do wattímetro (Creder, 2016) .....	10
Figura 2. Esquema de um quilowatt-hora-metro (Creder, 2016) .....	12
Figura 3. Contador de Credelec (EDM, 2018) .....	13
Figura 4. Arquitetura da rede GSM (Azevedo, 2014).....	16
Figura 5. Estação móvel.....	17
Figura 6. Diagrama do encaminhamento de SMS-MO na comutação (ERICSSON, 2009) .....	21
Figura 7. Diagrama do encaminhamento de SMS-MT na comutação (ERICSSON, 2009) .....	21
Figura 8. Diagrama de envio de SMS-MT no sistema de transmissão (ERICSSON, 2009) .....	22
Figura 9. Descrição dos pinos do arduino mega 2560 (Sousa, 2016) .....	33
Figura 10. Módulo GPRS/GSM SIM800L (Autocorerobotica, 2018).....	35
Figura 11. Sensor de corrente ACS712.....	36
Figura 12. Sensor de tensão ZMPT101B .....	37
Figura 13. Diagrama de blocos do sistema. Fonte (Autor) .....	38
Figura 14. Montagem real. Fonte (Autor) .....	50

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Orçamento do material necessário para o projecto .....	51
Tabela 2. Dados de energia disponível colhidos da residência 1. Fonte (Autor) .....	65
Tabela 3. Dados de energia disponível colhidos da residência 2. Fonte (Autor) .....	66
Tabela 4. Dados de energia disponível colhidos da residência 3. Fonte (Autor) .....	67
Tabela 5. Potência consumida na residência 1. Fonte (Autor) .....	68
Tabela 6. Potência consumida na residência 2. Fonte (Autor) .....	69
Tabela 7. Potência consumida na residência 3. Fonte (Autor) .....	70

/

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1. Consumo de energia na residência 1. Fonte (Autor).....	66
Gráfico 2. Consumo de energia na residência 2. Fonte (Autor).....	67
Gráfico 3. Consumo de energia na residência 3. Fonte (Autor).....	68
Gráfico 4. Potência consumida na residência 1. Fonte (Autor) .....	69
Gráfico 5. Potência consumida na residência 2. Fonte (Autor) .....	70
Gráfico 6. Potência consumida na residência 3. Fonte (Autor).....	71



## Lista de Siglas

**EDM:** Electricidade de Moçambique

**INCM:** Instituto Nacional de Comunicações

**INE:** Instituto Nacional de Estatística

**SMS:** *Short Message Service* (serviço de mensagens curtas)

**GSM:** *Global System for Mobile Communications* (Sistema Global para comunicações móveis)

**GPRS:** *General Packet Radio Services* (Serviços gerais de pacotes por Rádio)

**RTC:** *Real Time Clock* (Relógio em tempo real)

**SI:** Sistema Internacional

## **Dedicatória**

Aos meus pais: Geraldo Manjate e Laura Langa

## Epígrafe

***“Se continuarmos desenvolvendo nossa tecnologia sem sabedoria ou prudência, nosso servo pode acabar se tornando nosso carrasco.”*** (Omar Bradley)

## **Agradecimentos**

A gratidão é um sentimento nobre que expressa o reconhecimento, emoção por saber que outra pessoa fez uma boa ação, auxílio ou favor por nós. Tive que contar com a colaboração e apoio de muita gente para chegar até aqui, sem eles não conseguiria ultrapassar os obstáculos que tive pelo caminho, como diz o ditado, “ninguém caminha só, nem mesmo Deus”. Me sinto num estado de graça pela presença das pessoas que caminham comigo.

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde e pelas bênçãos que me concede que se materializam nas pessoas que se encontram no meu meio, pessoas estas que têm um papel importante para minha formação humana, social e acadêmica.

Endereço os meus agradecimentos aos meus pais pelos valores que me dão desde o berço que contribuíram bastante para eu chegar até aqui, pelos conselhos, puxões de orelha, pelo amor que têm por mim, apoio financeiro dado para a minha formação e acima de tudo pela confiança que depositam em mim. Durante esses anos de formação no meio de dificuldades eles sempre diziam continue, tu és capaz, essas palavras curtas sempre foram para mim ricas em sentido e fizeram com que eu me sentisse na responsabilidade de dar jus a confiança que depositam em mim me dedicando mais.

Aos meus irmãos muito agradeço por me suportarem nesses últimos anos, por suportarem em algum momento a minha distância sem reclamar, pelo contrário, sempre me apoiaram e entenderam, sempre estiveram lá quando eu precisava de ajuda seja financeira ou de aconselhamento.

Quero também expressar o meu agradecimento a todo leque de docentes da Faculdade de Engenharia de forma especial aos docentes do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e do Departamento de Cadeiras Gerais pela paciência e pelo conhecimento transmitido, da mesma forma que um corpo não sai da água no mesmo estado que entrou, um estudante não sai da FENG no mesmo estado que entrou graças a presença dos docentes que se dedicam para nossa formação. Esse agradecimento

vai de forma especial aos seguintes docentes: Engenheira Roxan Cadir, Engenheiro Hélder Baloi, Engenheiro José Mário Ringler, Engenheiro Celsio Chiconela, Engenheiro Zefanias Mabote e ao Doutor Adriano Sacate.

Novamente agradecer a Engenheira Roxan e Engenheiro Baloi meus supervisores, primeiro por aceitarem ser meus orientadores, segundo pela disponibilidade, prontidão e abertura, eles realmente foram supervisores, estavam lá para ajudar em ideias desde a escolha do tema, desenvolvimento lógico do trabalho incluindo correções ortográficas no relatório.

Agradeço também a todos meus colegas, pois foram verdadeiros companheiros e contribuíram bastante para que eu chegasse aqui, quando um cão está no meio de lobos precisa actualizar o seu *modos vivendo* para sobreviver, diria que ao estudar com colegas como os meus que se dedicam verdadeiramente fui induzido a estudar para me fazer sentir no meio dos lobos e me confundirem com um deles, agradeço de forma particular a Joaquim Uamusse e Edson Raso, não são apenas colegas, mas sim verdadeiros irmãos e companheiros, Emílio Cuamba e Aboobacar Ibrahim colegas do grupo de estudos, contribuíram bastante para que eu chegasse aqui.

Aos meus amigos por me suportarem a falar de escola em todo momento nos últimos 4 anos sem reclamar, senti que de alguma forma eles acabaram se sentindo parte do sistema da minha formação pelos conselhos e por se abrirem em falar dos meus problemas escolares a todos momentos, de forma especial agradeço ao engenheiro Barbione Augusto de simples conhecido acabou se tornando um irmão e supervisor do lado de fora, me acompanhou quando precisava de ajuda académica em algumas cadeiras e me apoiou bastante em ideias para a realização deste projecto. Como dizia no início, agradeço a todos o que se encontram no meio pois de forma directa ou indirecta estou aqui e sou o que sou graças a Eles.

## Resumo

A finalidade do uso do sistema pré-pago de pagamento de energia é garantir que o cliente faça a gestão e controle do seu consumo de energia sem a intervenção directa da empresa de distribuição de energia. Esse sistema de cobrança, permite que o cliente tenha acesso a quantidade de energia por consumir que é proporcional ao valor da recarga e essa quantidade de energia é apresentada num painel, nesta senda, o cliente é impossibilitado de usar a energia eléctrica quando o seu saldo é 0kWh mesmo sem que haja um corte na rede eléctrica de distribuição. Estudos indicam que apesar de haver a possibilidade do cliente controlar o saldo de credelec no painel, há situações em que estes ficam sem saldo pela falta de atenção de controlar o painel. Diante desse problema, surgiu a necessidade de actualizar o funcionamento do sistema. Este trabalho foi desenvolvido com o objectivo de actualizar o funcionamento do actual sistema de pagamento a crédito de energia a nível de comunicação, desta forma, o sistema passará a informar aos clientes via SMS não só sobre o saldo de energia em kWh, mas também sobre a previsão do tempo para a energia acabar. A necessidade de informar sobre o tempo que a energia vai acabar releva-se pelo facto da quantidade de energia disponível não ser suficiente para saber quando a energia pode acabar. Desta forma, elimina-se a necessidade dos clientes irem ao painel para verificar quanto têm, juntamente com os problemas causados pela falta de energia por falta de controlo dos clientes por conta da sua distração no exercício de outras actividades.

## **Abstract**

The purpose of using the prepaid energy payment system ensures that the customer manages and controls their energy consumption without the direct intervention of the energy distribution company. This charging system, that the customer has access to the amount of energy to be consumed that is proportional to the value of the recharge and this amount of energy presented on a panel, in this way, the customer is unable to use electricity when his balance is 0kWh even without a cut in the electrical distribution network. Studies indicate that despite the lack of possibility of customer control to control the credit balance on the panel, there are situations in which these remain unbalanced due to the attention of the panel's control. Based on this problem, the need to update the functioning of the system arose. This work was developed with the objective of updating the functioning of the current energy credit payment system at the communication level, in this way, the system will inform customers via SMS not only about the energy balance in kWh, but also about the weather forecast for the power to run out. The need to inform about the time that the energy will run out is highlighted by the fact that the amount of energy available is not enough to know when the energy may run out. In this way, in this way, the need of the clients is eliminated with the lack of problems for the lack of control of the conscience by other activities

# 1. CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

## 1.1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento considerável no número de utilizadores de energia eléctrica em todo mundo e de forma particular no nosso país. Segundo dados oficiais, em Moçambique até então apenas 34% da população tem acesso à energia eléctrica (EDM, 2019). Importa referir que no âmbito do desenvolvimento do país há esperança ou possibilidade desse número aumentar nos próximos anos. Com aumento do número dos utilizadores da rede eléctrica, naturalmente o consumo de energia na escala nacional também irá aumentar, isso faz com que haja necessidade de se gerenciar o consumo individual (familiar) por forma a reduzir os custos e evitar gastos desnecessários.

Actualmente, o sistema de pagamento a crédito de energia eléctrica (Credelec) adoptado pela maior empresa de distribuição de energia eléctrica em Moçambique (EDM) é usado por cerca de 86% dos seus clientes (EDM, s.d.), isso mostra que grande parte dos utilizadores da rede pública em Moçambique aderem ao sistema pré-pago. Nesse sistema, os clientes compram recargas e colocam no contador, a seguir é feita validação, depois da recarga ser validada há um incremento na quantidade de energia que o cliente pode usar e essa informação aparece disponível no painel do contador. Há que referir que a única informação que os clientes têm acesso é a quantidade de energia disponível no momento que se aproximam do painel para verificar.

De acordo com o inquérito realizado a 58 pessoas (em representação de 58 famílias) residentes em diferentes bairros da província e cidade de Maputo, foi possível constatar que 81% das pessoas inqueridas já ficaram sem saldo de Credelec em momentos que menos esperavam, não por falta de dinheiro para comprar recarga, mas sim por distração ou ocupação com outras actividades o que fez com que não se dessem tempo



para ir ao contador e verificar o saldo. Tal acontecimento deve-se ao facto do actual sistema de Credelec ser estático, isto é, não vai ao encontro do cliente para o informar do seu saldo nem por sinalização sonora, nem óptica e nem permite que o cliente tenha informação da média do seu consumo diário de energia.

Por outro lado, de acordo com o censo populacional de 2017 realizado em todo país entre os dias 1 e 15 de agosto de 2017, (26,4% da população tem posse de telefone celular (INE, 2017)) cujos dados serão apresentados em anexo no Quadro 63, o que nos faz pensar que em grande parte, senão em todas casas que têm acesso a energia eléctrica pelo menos uma pessoa tem acesso ao telefone celular. É possível observar no dia-a-dia da população moçambicana na rua, nos transportes públicos, nos eventos sociais e não só, que os celulares estão sempre na companhia dos seus proprietários, desde manhã até à noite. Aproveitando-se disso, os celulares podem ser usados para notificar aos seus proprietários não só sobre o saldo de Credelec mas também sobre a previsão do tempo em que a energia vai acabar baseado no cálculo do consumo médio de energia numa determinada instalação residencial.

Por forma a garantir que os clientes da EDM tenham um aviso prévio do seu saldo de Credelec antes de chegar aos 0kWh sem a necessidade de se fazerem sempre presentes ao contador para monitorar, é proposto um sistema de alerta e controle do consumo de energia que tenha a capacidade não só de informar sobre o saldo de Credelec do momento de alerta, mas também sobre a previsão do tempo para o saldo esgotar e nesse sistema a comunicação entre a instalação eléctrica e o cliente será feita através do telefone celular (via SMS) aproveitando o facto de grande parte dos clientes da EDM terem celular, estarem sempre com os celulares e não precisar de acesso a internet para comunicar.

## **1.2. Definição do problema**

Actualmente, a única forma que os clientes da EDM têm de saber quanto saldo de Credelec tem disponível é ir ao contador e verificar no painel. Olhando para a versão mais recente dos contadores verifica-se que há necessidade do cliente conectar o painel a tomada para verificar seu saldo, o que torna o processo mais moroso. O inquérito realizado revela que o tipo de comunicação que existe entre os clientes e o painel não é eficaz abrindo espaço para que as pessoas fiquem sem energia no momento que menos esperam e por outro lado não dá informação suficiente para fazer previsão do momento em que a energia vai acabar. É importante sublinhar a dependência que toda a sociedade moderna ou ainda em via de desenvolvimento tem pelo uso da energia eléctrica, seja para confeccionar os alimentos, iluminação, climatização, entre outros. Diante desta situação problemática, surge a pergunta: Como desenvolver um sistema inteligente de alerta e controle do consumo de energia que se comunica com o cliente a distância e dá a previsão do momento que energia vai acabar?

## **1.3. Justificativa**

A implementação de um sistema de alerta e controle de consumo de energia destaca-se pelo facto de permitir que haja comunicação entre o cliente e a instalação eléctrica a longas distâncias e vai permitir que o cliente controle seu consumo através do telemóvel. Para além disso, vai permitir que o cliente tenha estimativa do dia/hora em que a energia vai acabar, desta forma o trabalho contribui para resolução de um problema da sociedade permitindo que o cliente tenha acesso a informação no meio da distração no exercício de outras actividades. Assim, o projecto pretende ultrapassar as limitações do actual sistema de Credelec sob o ponto de vista de comunicação contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e para o conforto dos seus utilizadores. O autor decidiu desenvolver este projecto procurando resolver um

problema social e julga-se capaz de o fazer considerando que tem paixão pelas telecomunicações e automação, sem esquecer de considerar os conhecimentos que tem sobre microprocessadores e sua programação.

#### **1.4. Hipótese**

Se não existe uma tecnologia de alerta de estabeleça boa comunicação entre o cliente e o contador de Credelec, então pode-se desenvolver um sistema inteligente que comunique ao cliente via SMS sobre o saldo e dê a previsão sobre o momento que o saldo será 0kWh.

#### **1.5. Objectivos do trabalho**

##### **1.5.1. Objectivo geral**

- Desenvolver um sistema inteligente para alerta do consumo de energia eléctrica.

##### **1.5.2. Objectivos específicos**

- Dimensionar um medidor de consumo de energia eléctrica;
- Determinar a previsão de tempo para energia acabar;
- Estabelecer comunicação móvel entre o medidor e o cliente para efeitos de alerta.

## **1.6. Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está dividido em 5 partes que são:

- **Capítulo I – Introdução**

O primeiro capítulo introduz o leitor ao trabalho de estudo, onde é apresentada a introdução, é feita a identificação do problema, apresenta-se a motivação do autor para desenvolver o trabalho, a hipótese e são apresentados os objectivos que conduzem o desenvolvimento do trabalho.

- **Capítulo II – Revisão de literatura**

A revisão de literatura reflecte o resultado de todas as pesquisas bibliográficas referentes ao tema de pesquisa. Tais resultados de pesquisa serão usados posteriormente para a implementação da solução do problema.

Neste trabalho em específico primeiro serão apresentados os conceitos de potência e energia eléctrica, sua relação e equipamentos usados para fazer a medição, de seguida serão apresentados os factores que influenciam na variação do consumo de energia e para terminar teremos a teoria das comunicações móveis GSM.

- **Capítulo III – Metodologia do trabalho e materiais**

Neste capítulo será feita a descrição do caminho usado para a implementação do projecto. De seguida, será apresentada a lista de todo material necessário para implementação do projecto e será apresentado o princípio funcionamento dos principais elementos do sistema e o motivo da sua escolha.

- **Capítulo IV – Desenvolvimento do sistema**

Neste capítulo será apresentado sobre o ponto de vista técnico o sistema proposto para resolução do problema em estudo, para tal, será apresentado seu princípio de funcionamento, o fluxograma, esquemas de ligação e apresentação de alguns resultados de testes do sistema.

- **Capítulo V – Conclusões, limitações e recomendações de estudo**

Neste capítulo é feita a análise dos resultados obtidos, apresentação das limitações e desafios enfrentados pelo autor no desenvolvimento do projecto e as formas de mitigação, serão dadas recomendações para uso do projecto e no fim será feita a apresentação das referências bibliográficas e anexos.

## **2. CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Potência e Energia eléctrica**

Energia é tudo aquilo que é capaz de produzir trabalho, de realizar uma ação (por exemplo, produzir calor, luz, radiação, etc.). Em sentido geral, poderia ser definida como a essência básica de todas as coisas, responsável por todos processos de transformação, propagação e interação que ocorrem no universo (Creder, 2016).

A energia eléctrica é um tipo especial de energia por meio da qual podemos obter os efeitos citados anteriormente, ela é usada para transmitir e transformar a energia primária da fonte produtora que aciona os geradores em outros tipos de energia utilizados em nossas residências. Assim, pode-se dizer que a electricidade é uma energia intermediária entre a fonte produtora e a aplicação final.

Embora corrente e tensão sejam duas variáveis básicas nos circuitos eléctricos, elas sozinhas não são suficientes. Na prática precisa-se saber quanta potência um dispositivo eléctrico é capaz de manipular. Considerando, por exemplo, uma lâmpada de 100W que fornece mais luz que uma de 60W, ou mesmo quando pretende-se pagar contas de energia às fornecedoras paga-se a energia eléctrica consumida ao longo de certo período. Portanto, os cálculos de potência e energia são importantes na análise de circuitos (Sadiku, 2013).

#### **2.1.1. Potência eléctrica**

Sabe-se que para execução de qualquer movimento ou produção de calor, luz, radiação, entre outros precisa-se despende energia. Para caracterizar as condições

energéticas, é importante considerar a rapidez com a qual se realiza o trabalho. O trabalho realizado por unidade de tempo chama-se potência (Kasatkin).

$$P = \frac{A}{t} \quad (1)$$

**Onde:**

**P** é a potência eléctrica;

**t** é o tempo gasto para transportar a carga;

**A** é o trabalho realizado do tempo **t**, dada por **U.I.t**

Portanto:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I \quad (2)$$

**Onde:**

**P** é a potência eléctrica;

**U** é a tensão eléctrica;

**I** é a corrente eléctrica.

Sendo a potência eléctrica a velocidade com que se consome ou se absorve energia, o seu cálculo é de grande importância, uma vez que, por meio dele, é possível determinar a quantidade de energia eléctrica consumida por um dispositivo eléctrico durante um determinado intervalo de tempo.

Como a tensão é dada pelo produto entre a corrente e a resistência, a potência pode ser dada por:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad (3)$$

A unidade da potência no SI (sistema internacional) é watt, porém, muitas vezes essa unidade é pequena para exprimir os valores medidos no circuito, por isso, é comum que se usem múltiplos de unidade para expressar o consumo numa instalação eléctrica. Quilowatt (kW=1000W), Megawatt (MW=1 000 000W) e Gigawatt (GW= 1 000 000 000 W).

#### **2.1.1.1. Medidor de potência**

Os medidores de potência são conhecidos como wattímetros, neste caso, o nome do instrumento de medida foi concebido com base no nome da grandeza medida no SI.

Assim, para que o instrumento possa medir a potência de um circuito eléctrico, será necessário o emprego de duas bobinas: uma de corrente e outra de potencial. A ação mútua dos campos magnéticos gerados pelas bobinas provoca o deslizamento de um ponteiro em uma escala graduada em watts proporcional ao produto volts-ampères. Note-se que a bobina de tensão é ligada em paralelo e a bobina de corrente em série (Creder, 2016).

Os wattímetros medem a potência activa, tanto em circuitos alimentados por corrente alternada como por corrente contínua. Existem três tipos de potência alternada:

- Potência activa;
- Potência reactiva;
- Potência aparente.



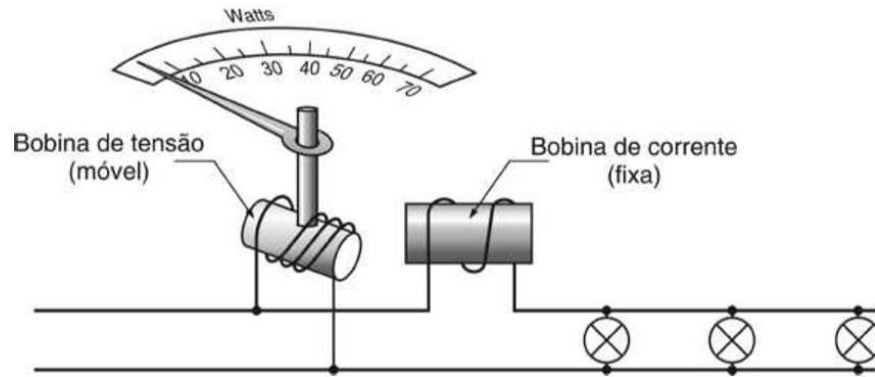


Figura 1. Esquema do wattímetro (Creder, 2016)

Os wattímetros medem somente a potência activa, ou seja, a potência usada para realizar trabalho (calor, luz, movimento, etc).

### 2.1.2. Energia eléctrica

Energia é a capacidade de realizar trabalho, ou seja, a energia eléctrica representa a potência dissipada ou consumida ao longo do tempo (Sadiku, 2013).

$$E = P \times \Delta t \quad (4)$$

**Onde:**

**E** é a energia eléctrica;

**P** é a potência eléctrica;

**$\Delta t$**  é o intervalo de tempo.

Se o tempo considerado for de uma hora, a energia é expressa em watts-hora (Wh). Como esta unidade é pequena, na prática usa-se a potência em quilowatts, e a energia será em kWh.

O quilowatt-hora é a unidade que exprime o consumo de energia nas nossas residências. Por esta razão, na recarga de credelec estão registados os valores em kWh, o valor apresentado no contador é dado em kWh que corresponde ao que gastamos e o valor a ser pago é dado pelo preço de kWh e outras taxas que são incluídas.

### **2.1.2.1. Medidores de energia**

A energia eléctrica é medida por instrumentos que se chamam quilowatt-hora-metro, os quais são integradores, ou seja, somam potência consumida ao longo do tempo.

O princípio de funcionamento de um medidor de energia é o mesmo que de um motor de indução, isto é, os campos gerados pelas bobinas de corrente e potencial induzem correntes em um disco, provocando a sua rotação. Solidário com o disco existe um eixo de conexão com uma rosca sem fim, que leva à rotação os registadores, os quais fornecerão a leitura (Creder, 2016).

Cada fabricante tem características próprias, ou seja, o número de rotações do disco para indicar 1kWh é variável.

Os quatro mostradores da figura indicam as diferentes grandezas de leitura, isto é, unidades, dezenas, centenas e milhares.

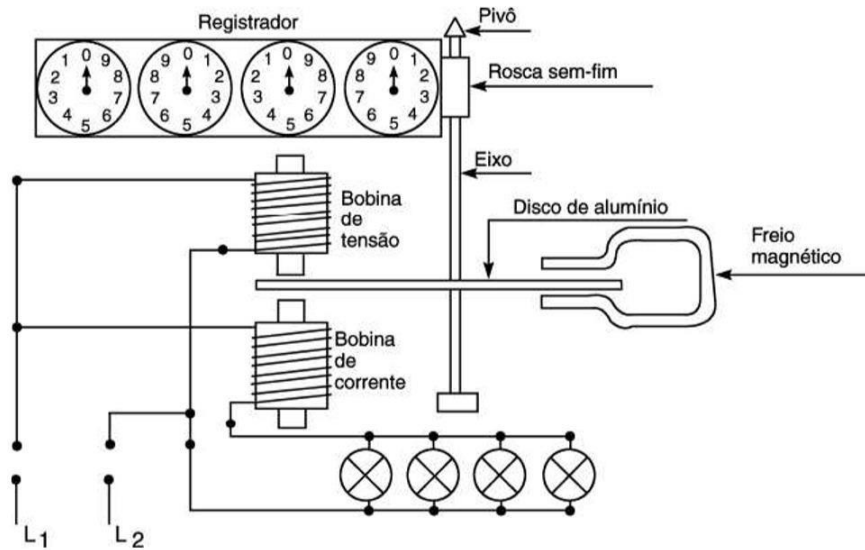


Figura 2. Esquema de um quilowatt-hora-metro (Creder, 2016)

Em Moçambique, para além do sistema apresentado anteriormente, a maior empresa de distribuição de energia eléctrica usa o contador credelec que é um sistema de venda a crédito (pré-pagamento) de electricidade, uma tecnologia de ponta à disposição dos clientes que oferece a possibilidade de controlar os seus gastos de energia, isto é, permite ao consumidor decidir sobre quanto quer ou pode gastar durante um determinado período de tempo (EDM, 2018).

A implementação do Credelec pela EDM iniciou em 1995 com um projecto-piloto que abrangeu 500 clientes.



Figura 3. Contador de Credelec (EDM, 2018)

#### **2.1.2.2. Vantagens do sistema pré-pago de energia eléctrica (Credelec)**

- Melhoria da gestão no uso da energia por parte dos clientes;
- Maior transparência no processo de consumo de energia;
- Eliminação do corte no fornecimento de energia por falta/atraso de pagamento;
- Ausência de multas por atraso de pagamento;
- Possibilidade de efectuar compras de energia em função das necessidades e capacidades do cliente.

#### **2.1.2.3. Limitações do sistema pré-pago de energia eléctrica (Credelec)**

- Não dá a previsão do momento em que a energia vai acabar;
- Ausência de um emissor de alerta do consumo.

## **2.2. Consumo residencial de energia**

Com a crescente utilização de equipamentos eléctricos nas residências, em parte resultante do aumento exponencial do número e da melhoria das condições de vida da população, tornou-se necessário analisar a demanda de electricidade nas residências.

No nosso dia-a-dia, podemos ver que estamos cercados de aparelhos eléctricos e electrónicos que necessitam de energia eléctrica para funcionar. Cada um dos aparelhos quando ligado consome certa quantidade de energia, sendo que alguns consomem mais e outros menos. Em relação ao consumo de energia, é possível fazer uma estimativa. Essa estimativa pode ser feita se conhecermos as potências eléctricas dos equipamentos e soubermos o tempo de utilização de cada um deles (Mundo Educação, s.d.).

O aumento do consumo de energia ocorrido nos últimos anos tem sido atribuído a crescente urbanização, aumento da temperatura e da renda monetária das famílias. Em Moçambique, verificam-se os maiores consumos nas primeiras horas da manhã, quando as pessoas se preparam para ir à escola e ao trabalho, por volta das 05:00h às 06:00h e no fim do dia quando as pessoas voltam do trabalho.

### **2.2.1. Factores que influenciam na variação do consumo de energia nas instalações residenciais**

- **Potência dos equipamentos**

O consumo de energia é definido pela soma das potências dos equipamentos utilizados durante determinado período. Quanto maior for a potência do equipamento mais ele consome.

- **Eficiência dos equipamentos**

Um equipamento é mais eficiente que outro quando oferece mesmas condições de serviço com menor consumo de energia.

- **Hábitos de consumo dos moradores**

A energia consumida nas casas depende também dos hábitos de uso e da quantidade de moradores na residência. A relação é muito simples: quanto mais moradores, mais pessoas tomam banho, mais pessoas usam o micro-ondas, mais carregadores de celulares, *tablets* e *notebooks* conectados na tomada, e mais itens na geleira (o que aumenta a potência necessária para gelar e conseqüentemente, o gasto de energia).

Quanto menos tempo os equipamentos aparecem ligados, menor será o peso deles no valor da energia.

- **Clima**

Um factor que independe do cliente, mas interfere directamente no uso de energia. O clima de um lugar influencia nos hábitos de consumo dos residentes daquela região. Meses de muito calor costumam a ser os vilões nessa hora, temperaturas mais altas tendem a causar um gasto maior de energia.

### **2.3. Comunicações móveis GSM**

O sistema GSM (*Global System for Mobile Communication*) é um protocolo de comunicação para dispositivos sem fio criado em 1982, e actualmente é o padrão mais popular para celulares digitais no mundo. A tecnologia GSM é considerada o primeiro sistema celular no mundo a especificar modulação digital e arquiteturas de serviço do nível de rede, assim o GSM é conhecido como um sistema de telefonia celular de segunda geração, neste caso tecnologia 2G.

Em Moçambique a tecnologia celular chegou em 1997 através da Moçambique Celular, SARL, empresa pertencente a TDM. O GSM foi a tecnologia adoptada pela mcel e demais companhias.

O funcionamento do sistema GSM é concentrado em dois conjuntos de frequências na banda dos 900MHz. O primeiro conjunto de frequências é limitado na banda dos 890 a 915 MHz, utilizando para as transmissões de terminal, já o segundo conjunto de banda é limitado entre 935 a 960MHz, neste caso para as transmissões da rede. A frequência utilizada no método GSM é uma combinação de duas tecnologias o TDMA e FDMA.

### 2.3.1. Arquitetura da rede

A arquitetura do sistema GSM pode ser dividida em 3 subsistemas: BSS (subsistema de estação de rádio base), NSS (subsistema de comutação de rede) e OSS (subsistema de suporte de operação). Esses 3 subsistemas são conectados entre si e interagem directamente com usuários através de interfaces de rede.

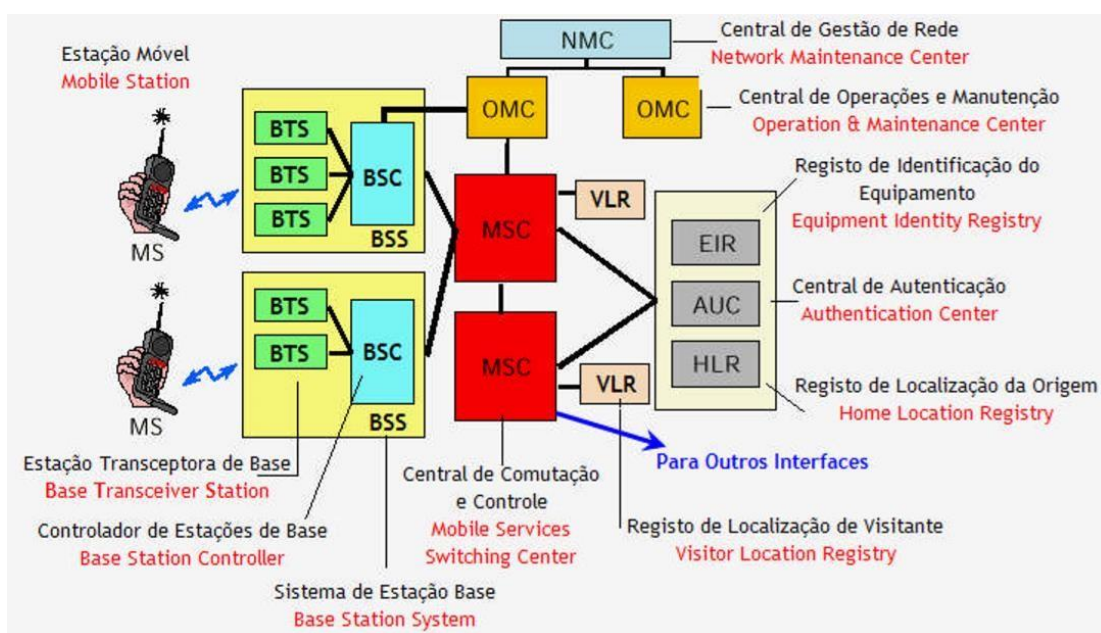


Figura 4. Arquitetura da rede GSM (Azevedo, 2014)

### 2.3.1.1. Estação móvel (MS)

É o equipamento que se encontra no extremo da rede que por um lado apresenta interface rádio para se comunicar com a rede e por outro lado faz interface com o homem através do microfone, auscultador, teclados, visor, etc. Nele é incorporado um cartão inteligente (SIM) que tem toda informação relativa ao assinante e alguma referente ao sistema.

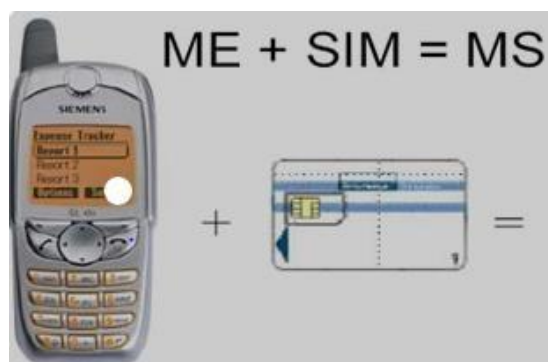


Figura 5. Estação móvel

### 2.3.1.2. Sistema de estação base (BSS)

O **BSS** é formado pelo controlador de estação base (BSC) e estação base de transrecepção (BTS).

A **BTS** compreende o equipamento que transmite e recebe informação (antenas, transmissores, receptores) através da interface aérea para permitir que a BSC se comunique com as MSs na área de serviço das BSCs. Um grupo de BTSs é controlado por uma BSC (ERICSSON, 2011).

A **BSC** fornece todas funções relacionadas com rádio. A BSC pode configurar, supervisionar e desconectar chamadas de comutação por circuitos e comutação por pacotes. É um interruptor de alta capacidade que fornece funções, incluindo *handover*,



dados de configuração da célula e atribuição de canais. Uma ou mais BSCs são servidas por uma MSC (ERICSSON, 2011).

### **2.3.1.3. Subsistema da rede e comutação (NSS)**

O subsistema de rede e comutação (**NSS**) engloba todos os circuitos de encaminhamento de chamadas, handover e comutação e inclui as principais funções de comutação do sistema, assim como as bases de dados necessárias para os assinantes e para a gestão da mobilidade.

A Central de Comutação Móvel (**MSC**) faz interface entre o sistema móvel e a rede pública. A sua estrutura é parecida com as das centrais telefónicas de comutação automática.

É responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC. A diferença principal entre uma MSC e uma central de comutação fixa é que a MSC tem que levar em consideração a mobilidade dos assinantes (locais ou visitantes), e o *handover* da comunicação quando estes assinantes se movem de uma célula para outra (Azevedo, 2014).

### **Bases de dados**

O **HLR** (Home Location Register) contém toda a informação administrativa de todos os assinantes registados na correspondente rede de GSM, juntamente com a localização da estação móvel onde residem. É a base de dados mais importante do sistema GSM

porque mantém um registo permanente e sempre actualizado dos dados de todos os assinantes da rede (Azevedo, 2014).

O **VLR** (Visitor Location Register) é uma base de dados que contém informação temporária sobre os assinantes visitantes que o MSC necessita para poder servir os assinantes (visitantes) que entram na área. O VLR está sempre integrado com a MSC. As informações fornecidas pelo VLR, são necessárias para controlar a chamada e providenciar os serviços de cada assinante, situado dentro de uma determinada área de controle (Azevedo, 2014).

#### **2.3.1.4. Centro de operação e manutenção**

A central de Operação e Manutenção (**OMC**) está ligada a todos os equipamentos no sistema de comutação e às BSC. É a entidade funcional a partir da qual o operador da rede controla e monitora todo o sistema.

#### **2.3.3. Serviço de mensagens curtas (SMS)**

SMS (*Short Message Service*) é um serviço de transferência de mensagens de texto consistindo em até 160 caracteres alfanuméricos de um ponto para outro.

Existem 3 tipos de SMS definidas para o GSM:

- SMS CB (*Cell Broadcast*)
- SMS enviado MO/PP (*Mobile Originated/Ponto-a-Ponto*)
- SMS recebido MT/PP (*Mobile Terminated/Ponto-a-Ponto*)

### **2.3.3.1. SMS Ponto-a-Ponto**

Este tipo de mensagens é enviado de uma MS para outra envolvendo o SMS-Center (SMS-C). O SMS-C é o elemento para onde as mensagens são enviadas e que guarda a origem e o destino das mensagens. As mensagens são enviadas para o SMS-C por uma MS, e-mail ou por outro terminal. O SMS-C permite que o emissor receba relatório de confirmação quando a mensagem é entregue no destinatário (Celfinet, 2011).

#### **2.3.3.1.1. SMS enviado MO/PP**

A MS cria a mensagem a enviar e adiciona o número da MS destinatário e endereço do SMS-C para onde a mensagem é enviada. De modo a enviar a mensagem, a MS estabelece um canal de sinalização e envia a mensagem para o MSC. O MSC utiliza as funções GIWF de modo a enviar a mensagem recebida para o SMS-C. A confirmação é enviada pelo mesmo caminho. Após receber a mensagem o SMS-C inicia o processo de um MT SMS.

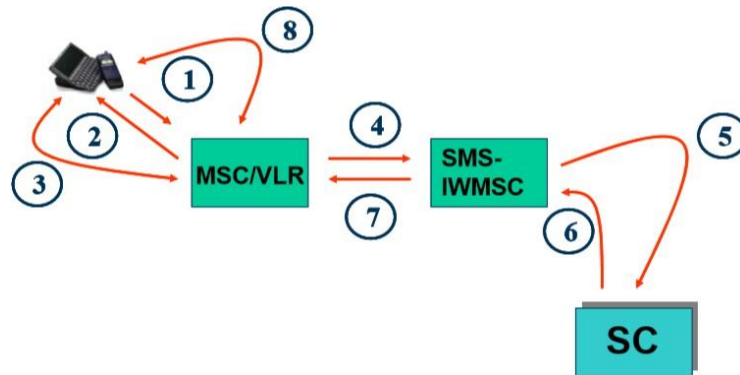


Figura 6. Diagrama do encaminhamento de SMS-MO na comutação (ERICSSON, 2009)

### 2.3.3.1.1. SMS de Terminação Móvel (MT)

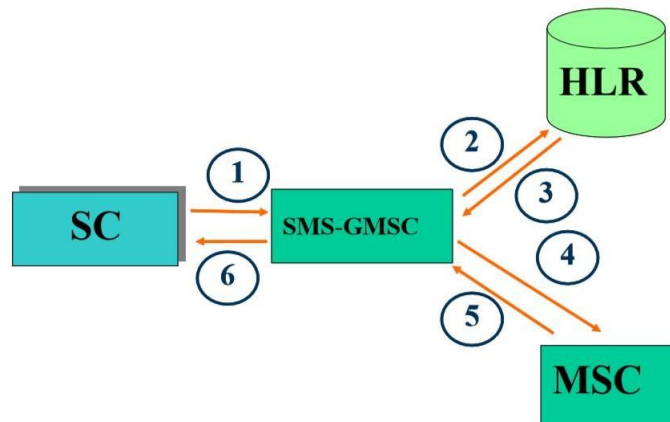


Figura 7. Diagrama do encaminhamento de SMS-MT na comutação (ERICSSON, 2009)

1. O MSISDN, recebido pelo do SMS-C, é usado para dirigir-se ao HLR. A mensagem contém o MSISDN do assinante chamado, a prioridade e o endereço do SMS-C.
2. O SMS-GSMC solicita encaminhamento de informação do HLR através do sinal de envio de informação de encaminhamento para mensagem curta.

3. O HLR verifica dados do assinante relacionados com o MSISDN recebido.
4. O endereço MS/UE, recebido do HLR, é utilizado para endereçar o sinal de mensagem curta de encaminhamento para o MSC onde o MS/UE está actualmente localizado. No MSC, a identidade do assinante móvel é derivada do IMSI recebido nesta mensagem.

Desde que o assinante móvel esteja registado naquele MSC e não em estado de desvinculação, a BSS/RAN é ordenada para fazer o *page* da estação móvel.

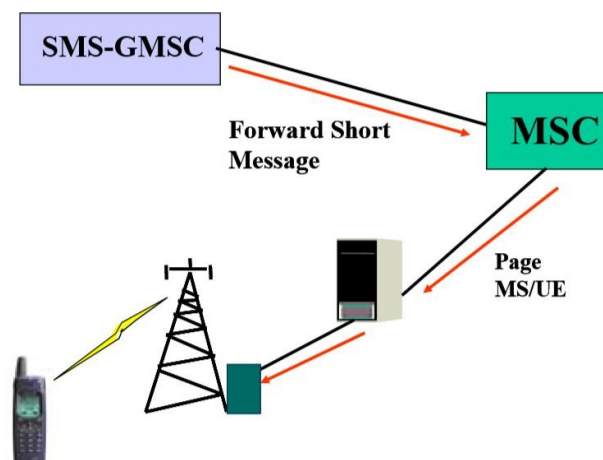


Figura 8. Diagrama de envio de SMS-MT no sistema de transmissão (ERICSSON, 2009)

O *Paging* é feito usando o TMSI ou o IMSI, se o TMSI estiver indisponível.

Depois da MS/UE responder ao *paging*, é invocado o procedimento para funções relacionadas com segurança, tal como autenticação, criptografia e a verificação do IMEI (ERICSSON, 2009).

O SMS é transferido para o MS/UE num canal de sinalização.

5. Se uma mensagem curta for entregue com sucesso, uma mensagem de resultados é enviada para o SMS-GMSC. Em caso de falha, uma mensagem de erro é devolvida.
6. O relatório de entrega é enviado para o SMS-C.

Na visita feita a uma das empresas de telecomunicações móveis em Moçambique, foi possível observar que quando o móvel está fora de área usa-se o seguinte algoritmo:

1. Espera por 1h depois faz o *re-try*;
2. Espera mais 3 h e faz o segundo *re-try*;
3. Espera aproximadamente 24h e faz o último *re-try* e depois apaga se o móvel não estiver disponível.

Importa referir que embora não haja um padrão para duração de armazenamento, por conta do volume de SMSs trocadas não costuma se armazenar por mais de 72h.

Quando o móvel de destino está desligado, a mensagem é armazenada na *Re-try table SMSC* durante um tempo estabelecido pela companhia de telecomunicações e enviada no momento em que o HLR actualiza o estado do subscritor de desligado para ligado, imediatamente é feita uma sinalização para o SMSC informando que o móvel já está ligado e segue o procedimento de SMS-MT.

#### **2.3.4. Aplicações e benefícios do sistema GSM**

Além de permitirem troca de chamadas e SMSs entre assinantes que se encontram em "qualquer lugar", as comunicações GSM são ainda uma forma ideal para as aplicações de comunicação entre máquinas em ambientes industriais e afins, pois aproveitam a mobilidade da rede. O benefício básico destes sistemas reside no seu baixo custo para monitorar e controlar, incluindo também rapidez na implementação.

Pode-se destacar também a distância quase ilimitada entre pontos remotos e estação de monitorização, o uso de antenas de pequeno porte e a possibilidade de enviar alarmes automática e directamente para telemóveis de elementos previamente definidos, como elementos de manutenção, supervisores, etc.

### **3. CAPÍTULO III- METODOLOGIAS DO TRABALHO E MATERIAIS**

#### **3.1. Metodologias do Trabalho**

O conceito de metodologia de forma objectiva, se refere a escolha do caminho a seguir, ou seja, de uma série de métodos e técnicas que podem ser utilizados visando o atingimento do objectivo de pesquisa.

A elaboração do presente trabalho foi acompanhada pelas seguintes questões de investigação que conduziram o estudo:

1. Os clientes da EDM têm ficado sem energia (0kWh) não por falta de dinheiro, mas por distração esquecem de controlar o contador de Credelec?
2. A informação que aparece no painel de Credelec é suficiente para saber quando é que energia vai “acabar”?
3. Como ajudar aos clientes da EDM a fazer controlo do seu consumo de energia?

##### **3.1.1. Classificação da metodologia do trabalho**

Como forma de responder as questões supracitadas, sem esquecer de atender aos objectivos do trabalho, foi seguida uma metodologia de pesquisa que é classificada quanto aos procedimentos, a abordagem, natureza e aos objectivos.

- **Quanto aos procedimentos**

Os procedimentos usados para a implementação do trabalho baseiam-se em:

- a) Pesquisa bibliográfica e documental;
- b) Inquéritos;

- c) Observação (estudo de caso);
- d) Visita de estudo.

- **Quanto a abordagem**

Foi usado um procedimento estatístico tanto qualitativo assim como quantitativo, para satisfazer a abordagem qualitativa tomou-se em consideração a coerência das respostas apresentado pelas pessoas entrevistadas e os atributos mensuráveis da experiência humana de cada um dos entrevistados. No que tange a abordagem quantitativa os resultados do inquérito serão mensurados e quantificados e os resultados numéricos serão apresentados no trabalho.

- **Quanto a natureza**

Considerando que o objectivo é resolver problemas específicos e não gerar novos conhecimentos, quanto a natureza, a metodologia de estudo usada para realizar o trabalho é de pesquisa aplicada.

- **Quanto aos objectivos**

Neste trabalho predomina a pesquisa explicativa-experimental.

### **3.1.2. Inquéritos**

Como forma de elevar a relevância, realizar uma problematização baseada na real situação do cliente e posteriormente apresentar proposta de solução prática do problema, foram realizados dois inquéritos. O primeiro foi direccionado aos clientes por forma a saber o seu nível de satisfação referente ao funcionamento do contador



Credelec denominado inquérito A e o segundo foi desenvolvido como visita de estudo a Tmcel para conhecer o fluxo da chamada de SMS.

### **3.1.2.1. Inquérito A**

Foi desenvolvido usando a plataforma Google Formulários, este decorreu entre dias 02 e 12 de Dezembro de 2021 que tinha como objectivo colher a sensibilidade dos clientes da EDM nos diferentes bairros da província e cidade de Maputo no que tange ao nível de satisfação na comunicação que existe entre o contador de Credelec e os clientes.

O inquérito foi formado por 8 questões e contou com a participação de 58 pessoas responsáveis pela gestão e controle das contas de energia nas suas residências, cada pessoa representando uma família.

#### **3.1.2.1.1. Resultados do inquérito A**

Das amostras colhidas, 81% afirmou que em algum momento já ficou sem energia não por falta de dinheiro para comprar nova recarga, mas sim por distração esqueceu-se de controlar o contador Credelec. 80% Afirma que a informação que aparece no painel é insuficiente para prever quando a energia vai acabar. Nesta senda, 15.5% dos inqueridos consideram que a comunicação entre a EDM e o cliente é muito má, 44.8% consideram má, 27.6% suficiente e apenas 12.1% consideram boa.

### 3.1.2.2. Inquérito B

Foi realizada uma visita de estudos ao departamento técnico da Tmcel concretamente na divisão de comutação que está localizado na rua Belmiro Obadias Muianga, Maputo 384. Esta visita foi realizada entre os dias 20 e 24 de junho de 2022 onde o autor teve oportunidade de conhecer de forma prática os elementos da rede móvel envolvidos na gestão de SMS e os procedimentos usados desde o envio até a recepção incluindo o relatório de entrega. Nessa visita o autor teve acesso a alguns manuais que foram usados para o desenvolvimento teórico deste trabalho no que diz respeito ao fluxo de SMS.

### 3.1.3. Observação (Estudo de caso)

Por forma a obter dados concretos referentes ao consumo residencial de energia eléctrica em Maputo, antes do desenvolvimento do projecto propriamente dito, foram realizadas observações em 3 residências. O processo de observação baseou-se na leitura do contador de Credelec em determinados intervalos de tempo, os valores lidos foram anotados e tabelados e de seguida representados graficamente.

**Residência 1:** Casa tipo 3 com 4 moradores (2 crianças e 2 adultos) localizada na província de Maputo, distrito da Matola, bairro da Matola-Gare, Q.7, nr.254. A colheita de dados foi realizada nos dias 03/07/2022 a 06/07/2022 e 10/07/2022 no intervalo das 06:00h às 21:00h de uma em uma hora de tempo.

**Residência 2:** Casa tipo 3 com 6 moradores na província de Maputo, distrito da Matola, bairro da Matola F, Q.1, nr.53. A colheita de dados foi realizada nos dias 06/01/2022 à

08/01/2022 no intervalo das 06:00h às 00:00h do dia seguinte de duas em duas horas de tempo.

**Residência 3:** Casa tipo 2 com 4 moradores localizada na província de Maputo, distrito da Matola, bairro da Matola G, Q.4, nr.200. A colheita de dados for realizada nos dias 23/08/2022 à 26/08/2022 no intervalo das 08:00h às 21:00h de uma em uma hora de tempo.

### 3.1.3.1. Resultados do estudo do caso

Os gráficos apresentados no anexo 3 expressam o que já era esperado. Com o passar do tempo, o valor da energia disponível (saldo) vai decrementando, este decréscimo reflete o consumo dos diferentes equipamentos ligados na instalação como lâmpadas, ventiladores, geleiras, etc.

Feita uma análise comparativa dos gráficos, foi possível observar que embora todas as linhas sejam decrescentes, cada linha apresenta inclinações e/ou ondulações próprias o que sustenta/comprova que o consumo de energia não é fixo mesmo tratando-se de uma residência com um número fixo de habitantes e com mesmos hábitos de consumo (cada dia apresenta consumo de energia específico). O projecto que se vai desenvolver deve tomar esse aspecto em consideração.

Com base nos dados apresentados nas tabelas de energia disponível em anexo, fazendo uso da equação (4) que estabelece a relação entre energia e potência consumida é possível determinar a potência consumida durante o dia:  $P = \frac{E}{\Delta t}$  com essa relação, foram determinados os valores que estão apresentados nas tabelas de potências.

As tabelas de potências apresentam valores de potência consumida em kW nos diferentes intervalos de tempo ao longo do dia. Esses dados provam que na mesma residência a potência consumida em mesmos intervalos de tempo, em dias diferentes não é a mesma.

Na última linha das tabelas de potências são apresentados os valores das potências médias diárias, estas foram determinadas pela razão entre a diferença das energias no início e no fim do dia pelo intervalo de tempo.

Fazendo uma análise comparativa das potências médias é possível observar que a residência 2 apresenta um consumo mais variável em que a diferença entre o dia de maior potência e o dia de menor potência é 22,7%, na residência 1 onde o consumo é menos variável a diferença entre maior e menor potência é 6,1% e na residência 3 a diferença é 12,07%. Desta forma, pode-se afirmar que nas três residências a diferença entre as potências médias nos dias de estudo não passou 22,7% e isso indica que apesar do consumo ser variado a potência média pode ser usada para alcançar um dos objectivos do projecto que é dar a estimativa do tempo para a energia acabar, sem com isso esquecer de tomar em consideração que a potência de consumo de cada dia pode variar em mais ou menos 25% da potência média.

## **3.2. Lista de Material**

### **3.2.1. Escolha do material a usar**

Para desenvolver um projecto de sistemas electrónicos e não só a escolha dos equipamentos a usar não pode em hipótese alguma ser feita a gosto do desenvolvedor do projecto sem antes este tomar em consideração as características técnicas do projecto à luz dos objectivos traçados. Em linhas gerais devem-se tomar em consideração variáveis como capacidade de processamento e armazenamento, tempo de vida dos equipamentos, o custo de aquisição e manutenção e consumo de energia.

#### **3.2.1.1. Escolha do *hardware* embarcado microcontrolador**

O autor decidiu usar o Arduíno por ser uma plataforma mais amigável, com custo de aquisição acessível, capacidade de processamento e memória suficiente para as necessidades do projecto e com bibliotecas de fácil acesso. Mas importa referir que existem outras opções de hardware disponíveis no mercado como Esp, PIC, Raspberry que podem também ser usadas para o projecto.

#### **3.2.1.2. Escolha da tecnologia de comunicação**

Das diferentes tecnologias de comunicação sem fio existentes (Bluetooth, ZigBee, Wi-fi, Celular, SigFox e LoRa) a melhor tecnologia a usar por apresentar maior gama de cobertura de rede, alto alcance de comunicação, grande área geográfica, por ser uma tecnologia já instalada em quase todo território nacional e com grande número de assinantes é a comunicação celular. No sistema de comunicação celular o autor decidiu

usar o SMS uma vez que nem todos os usuários do celular têm acesso aos serviços de dados, o uso de SMS oferece maior abrangência podendo este ser enviado/recebido por qualquer tipo de terminal móvel.

### 3.2.2. Material a usar

Material	Função
Arduíno	Microcontrolador responsável pelo controle e processamento das operações indicadas pelo autor no código de programação (medir energia, determinar a média de consumo diário, fazer a previsão do momento em que a energia vai acabar, etc.)
Modulo GPRS/GSM	Oferecer acesso para comunicação entre o sistema (embutido do contador) e o telemóvel do cliente.
Sensor de corrente	Fazer a medição da corrente instantânea da instalação eléctrica que será usada para determinar a potência consumida.
Sensor de tensão	Fazer a medição dos níveis de tensão disponíveis na instalação eléctrica que será usada para determinar a potência consumida.
LCD (2X16)	Painel para interface visual com o cliente que apresentar informações como a energia disponível e a potência consumida.
Módulo <i>relay</i>	Corte de acesso a rede eléctrica quando saldo é 0kWh.
Teclado Matricial	Inserir o código de recarga.

Buzzer	Alerta sonoro para informar ao cliente que a energia está para acabar.
Fonte de alimentação	Alimentar o arduíno e o módulo GSM.
Regulador de tensão	Ajustar os níveis de tensão e corrente da fonte para os níveis de operação do módulo GPRS/GSM.
Jumpers	Estabelecer conexão física e eléctrica entre os diferentes elementos do sistema.

### 3.2.3. Arduíno Mega 2560

A placa **Arduíno Mega 2560** é mais uma placa da plataforma Arduíno que possui recursos bem interessantes para prototipagem e projetos mais elaborados. Baseada no microcontrolador ATmega2560, possui 54 pinos de entradas e saídas digitais onde 15 destes podem ser utilizados como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas, 4 portas de comunicação serial. Além da quantidade de pinos, ela conta com maior quantidade de memória que Arduíno UNO, sendo uma óptima opção para projetos que necessitem de muitos pinos de entradas e saídas além de memória de programa com maior capacidade (Sousa, 2016).

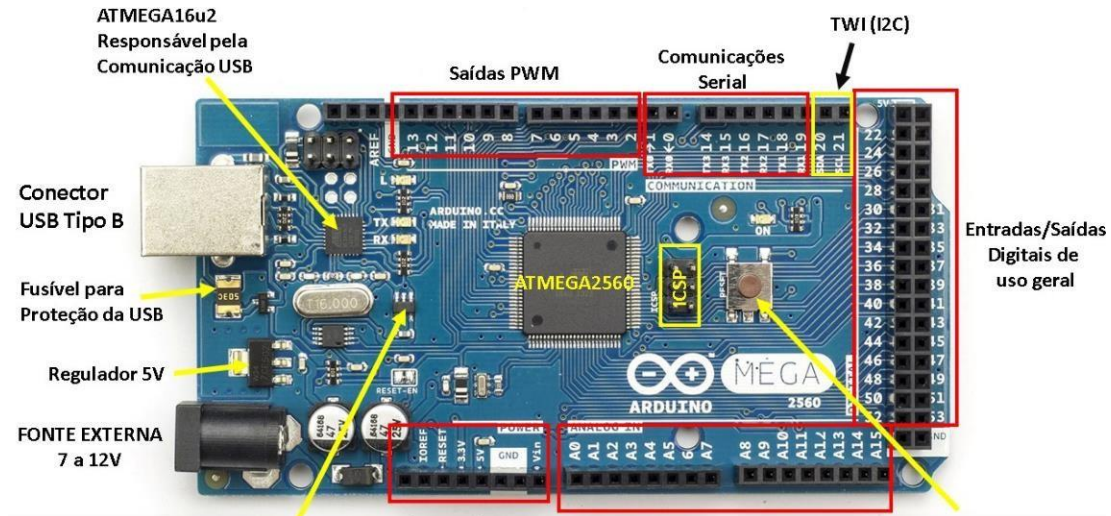


Figura 9. Descrição dos pinos do arduino mega 2560 (Sousa, 2016)

### 3.2.3.1. Especificações técnicas

- Microcontrolador: ATmega 2560;
- Tensão de funcionamento: 5V;
- Tensão de entrada: 7-12V;
- Limite de tensão: 6 a 20V;
- Entradas e saídas: 54 pinos dos quais 14 oferecem saída PWM;
- Canais de entradas analógicas: 16;
- Corrente DC por saída digital I/O: 40mA;
- Corrente DC por saída analógica I/O: 50mA;
- Memória Flash (programas): 256kb dos quais 8kb são usados para carregador de sinalização;
- SRAM: 8kb;
- EEPROM: 4kb;
- Contadores: 2 de 8bits e 2 de 16 bits;
- Interfaces: 4 seriais, uma I2C e uma SPI;



- Clock speed: 16MHz;
- Dimensões: 120x53x10mm.

#### **3.2.4. Módulo GPRS/GSM SIM800L**

O Módulo SIM800L é utilizado para comunicação via dados GSM/ GPRS, necessita de um chip de operadora de telefonia móvel para comunicação, o módulo pode ter suas ações controladas por diversos tipos de microcontroladores, como o Arduíno por exemplo (Morais, 2018).

O Módulo GPRS GSM SIM800L com Antena possui um slot para conexão de simcard já acoplado ao módulo, este produto é baseado no módulo SIM800L, este é capaz de realizar serviços de chamada de voz, envio de SMS, troca de dados através da rede GPRS. O Módulo GPRS GSM SIM800L com Antena se torna a opção ideal para quem busca a comunicação entre o microcontrolador e o telefone celular GSM em locais remotos. Além do slot para cartão microsd, o módulo GPRS GSM SIM800L com Antena possui pinagem para conexão de fone de ouvido e alto-falante (Autocorerobotica, 2018).



Figura 10. Módulo GPRS/GSM SIM800L (Autocorerobotica, 2018)

#### 3.2.4.1. Especificações técnicas do SIM800L

- Banda de operação: 850/900/1800/1900MHz;
- Tensão de operação: 3.6-4.2V;
- Amperagem: >2A;
- CI: SIM 800L;
- Slot: microSIM;
- Antena: SMA e pigtail;
- GPRS *Data Uplink e downlink*: 85.6kb/s (max );
- Protocolo: TCP/IP embutido;
- Serviços: faz e recebe chamadas de voz, SMS, dados (TCP/IP, http, etc.), digitaliza e recebe transmissões de radio FM;
- Atende as redes 2G e 2.5G;
- Temperatura de operação: -40 a 85<sup>0</sup>c;
- Dimensões: 21x15x3.2mm.

### 3.2.5. Sensor de corrente ACS712

Este sensor usa efeito *hall* para detectar o campo magnético gerado pela passagem de corrente, gerando na saída do módulo (pino OUT) uma tensão proporcional a 66mV/A. O sensor pode medir correntes entre -30 e +30A de maneira fácil e segura, sendo do tipo invasivo. Ou seja, é preciso interromper o circuito para realizar a medição.

Pode ser usado com corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC). Os bornes de ligação são completamente isolados da saída do microcontrolador.

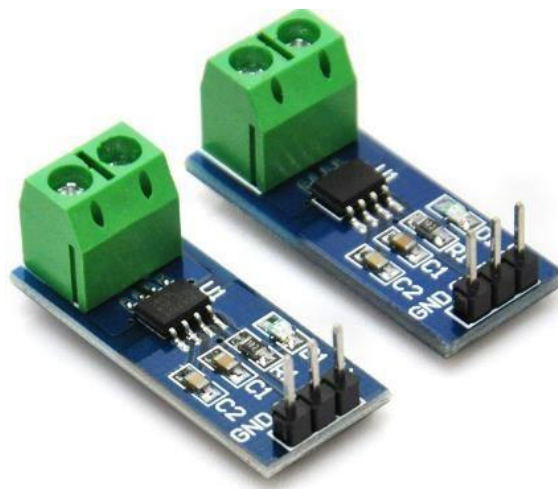


Figura 11. Sensor de corrente ACS712

#### 3.2.5.1. Especificações técnicas do ACS712

- CI ACS712 Allegro;
- Faixa de medição: -30A a +30A;
- Alimentação: 5V;
- Tempo de resposta: 5 $\mu$ s;
- Saída proporcional de 66mV/A;
- Dimensões: 30x12x12mm.

### 3.2.6. Sensor de tensão AC ZMPT101B

O Sensor de tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B é um módulo que permite identificar a presença de tensão alternada. Devido à sua alta precisão, é possível utilizá-lo como um medidor, garantindo assim ótimas leituras dos valores de tensão alternada na rede elétrica. Neste projecto o sensor será usado como voltímetro e os valores lidos serão enviados para o Arduino e através deles será determinada a potência.

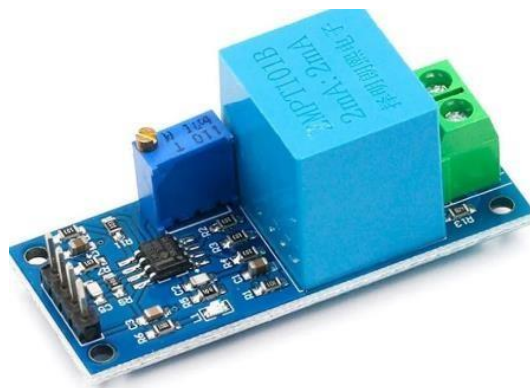


Figura 12. Sensor de tensão ZMPT101B

#### 3.2.6.1. Especificações técnicas do ZMPT101B

- Transformador: ZMPT101B;
- Tensão de alimentação: 5 a 30 VDC;
- Tensão de medição: 0 a 250 VAC;
- Corrente de entrada nominal: 2mA;
- Corrente de saída nominal: 2mA;
- Temperatura de operação: -40 a 70°C;
- Precisão de leitura:  $\pm 0,5\%$ ;
- Dimensões: 22x20x51mm;
- Peso: 20g.

## 4. CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

No processo de pesquisa houve limitação no acesso a informação sobre os protocolos de comunicação usado pelo contador de Credelec para fazer a ligação entre o sistema de alerta e o contador e obter dados de energia para com base nestes desenvolver o sistema de alerta via SMS que é objectivo geral do projecto.

Face a esta limitação houve necessidade de dividir o trabalho em duas partes:

1. **Medidor de consumo de energia;**
2. **Sistema de alerta de consumo de energia.**

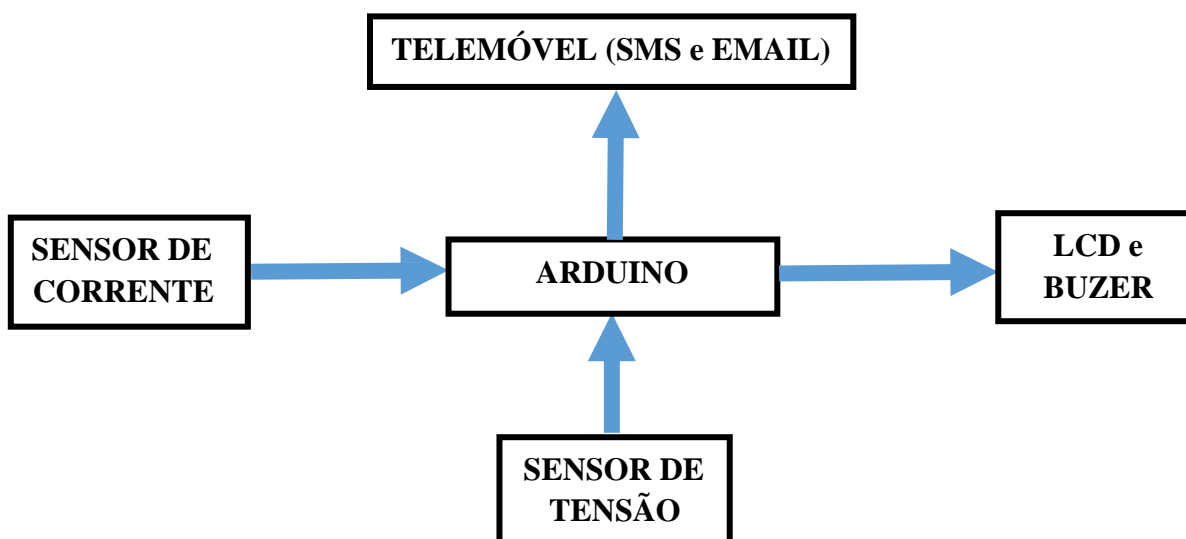


Figura 13. Diagrama de blocos do sistema. Fonte (Autor)

### 4.1. Medidor de consumo de energia

O medidor de consumo de energia irá desempenhar o papel do contador de Credelec que consiste basicamente em determinar a energia consumida a cada instante, decrementar o saldo e cortar o acesso a rede quando o saldo é 0kwh.

Na interface visual (display) do medidor será possível observar as seguintes informações:

- Corrente;
- Potência instantânea;
- Valor de crédito disponível.

Fisicamente o medidor de energia será formado por um microcontrolador, para este projecto o ATmega2560 na plataforma de prototipagem Arduino, sensor de corrente, sensor de tensão e um display LCD.

Para o desenvolvimento do medidor de energia foram criadas algumas variáveis a nível lógico que são de extrema importância para armazenar dados e com base neles efectuar as operações necessárias, estas são: **corrente, tensão, potência, energia consumida, energia disponível, energia média e recarga.**

**Segundo, minuto e hora:** variáveis usadas para desenvolver a função tempo.

#### 4.1.1. Funcionamento do medidor de energia

O ciclo inicia com a leitura dos valores de corrente em amperes e tensão em volts e seu respectivo armazenamento nas variáveis correspondentes, a seguir à variável potência é atribuído o produto entre a corrente e a tensão que é dado em watts. Depois disso, será determinada a energia consumida em joules a cada ciclo de execução do código pelo produto entre a potência e o intervalo de tempo de execução de um ciclo do código. Como os contadores usados nas residências apresentam o consumo de energia em kWh, há necessidade de se converter consumo de energia de joules para

kWh, para tal, será feita a divisão da energia em joules por 3600000, onde os 3600s correspondem a uma hora e os 1000 são referentes ao submúltiplo de unidade quilo.

Será criada uma função de tempo que fará a contagem dos segundos, minutos e horas que será usado para permitir o controlo diário da energia consumida no fim de cada 24h cujos dados serão usados para determinar a potência média consumida no fim de cada dia que será de grande importância para implementação do sistema de alerta. No fim do primeiro dia a variável energia média vai receber a energia consumida durante o dia, como a energia consumida será zerada no fim de cada dia e vai iniciar a sua contagem no dia seguinte, a partir do dia seguinte será feita a comparação entre a energia media e a energia consumida do dia. De acordo com o estudo de campo feito nas três residências foi possível observar que a variação do consumo residencial de energia na mesma estação de tempo não excede a 25%, assim se a energia consumida não for maior que 25% ou menor que 25% da energia consumida no dia seu valor não será alterado, caso contrário, o seu valor será actualizado e determinado pela média entre a energia media anterior e a energia consumida nesse dia.

Para um projecto prático convém que se faça o uso do módulo RTC para o controle do tempo, mas para o protótipo o autor achou mais confortável a criação da função tempo por forma a facilitar a manipulação do tempo e apresentação imediata dos resultados.

#### **4.1.1.1. Corte de energia**

Quando a variável energia disponível tiver o valor zero que significa falta de saldo, o módulo *relay* que se encontra na porta de acesso a rede eléctrica pública vai abrir impedindo que o cliente tenha acesso até recarregar.

#### 4.1.1.2. Processo de recarga

Para recarregar foi desenvolvido um aplicativo com interface gráfica no java que gera as recargas através de um código randômico que será apresentado nos anexos. Uma vez gerado o código “pelo responsável pela venda de crédito”, o código será enviado para o medidor e esse código será guardado na variável recarga. Quando o cliente introduzir o código através do teclado matricial, o medidor vai comparar o código introduzido no teclado com o código enviado pelo java através da interface USB, se os códigos forem iguais imediatamente a variável energia disponível é incrementada e o *relay* fecha o circuito dando acesso a rede, caso contrário, a energia disponível continua zero e o cliente continua sem acesso a energia.

#### 4.2. Sistema de alerta

O sistema de alerta que é a parte inovadora do medidor de energia, como o nome já diz tem a função de alertar/informar ao cliente sobre o estado do seu saldo de energia e dar a previsão do tempo em que a energia vai acabar. Tal alerta será feito por um lado usando o *buzzer* (para dar um *beep*) que será ouvido pelos clientes que estiverem em casa e ao mesmo tempo será enviado SMS que poderá ser recebido em qualquer lugar com cobertura da rede GSM.

Uma vez que a rede móvel é um sistema muito complexo com vários elementos envolvidos que em algumas situações tem apresentado atrasos nos serviços oferecidos por vários motivos e considerando que o envio do alerta depende da rede, por forma a evitar que os alertas atrapalhem em vez de ajudar ao cliente por conta dos problemas da rede, cada alerta vai incluir no seu texto a data e hora em que o sistema enviou a mensagem por forma a garantir que independentemente da hora que o cliente receber o alerta saiba em que momento o sistema enviou.

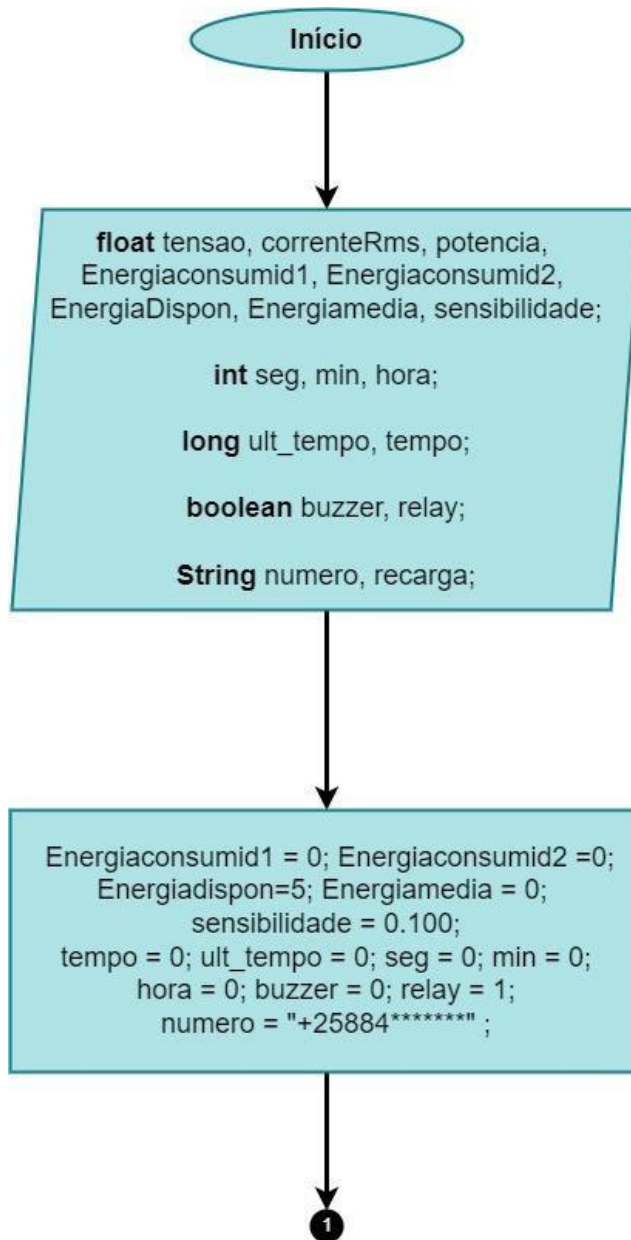


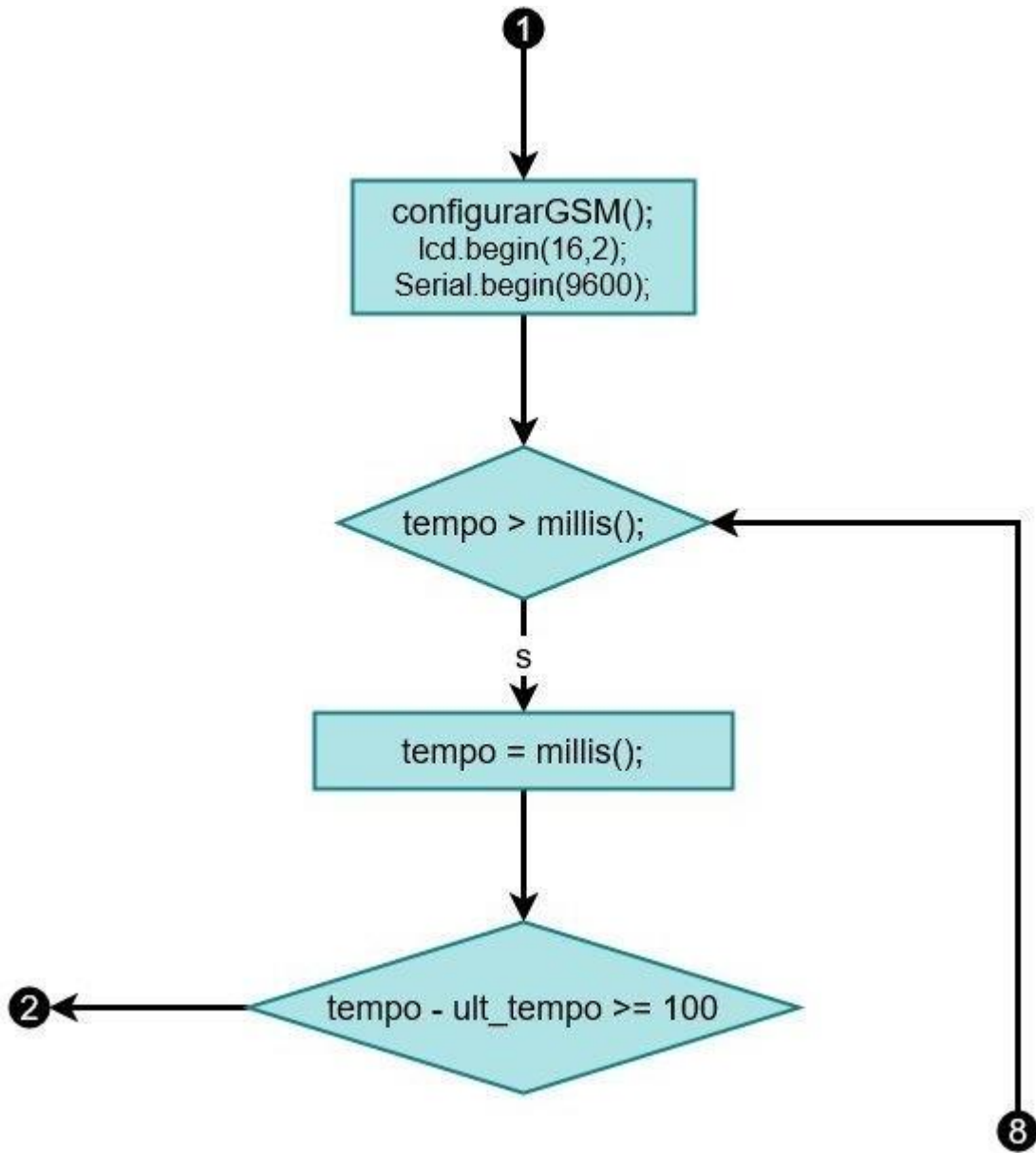
A variável energia média será a referência, esta será usada para fazer a comparação com a energia disponível e será configurado para que se dê alerta ao cliente quando: a energia disponível for três ou duas vezes maior que a energia média ou quando for igual a energia média informando que há previsão de energia acabar em três, dois ou um dia respectivamente.

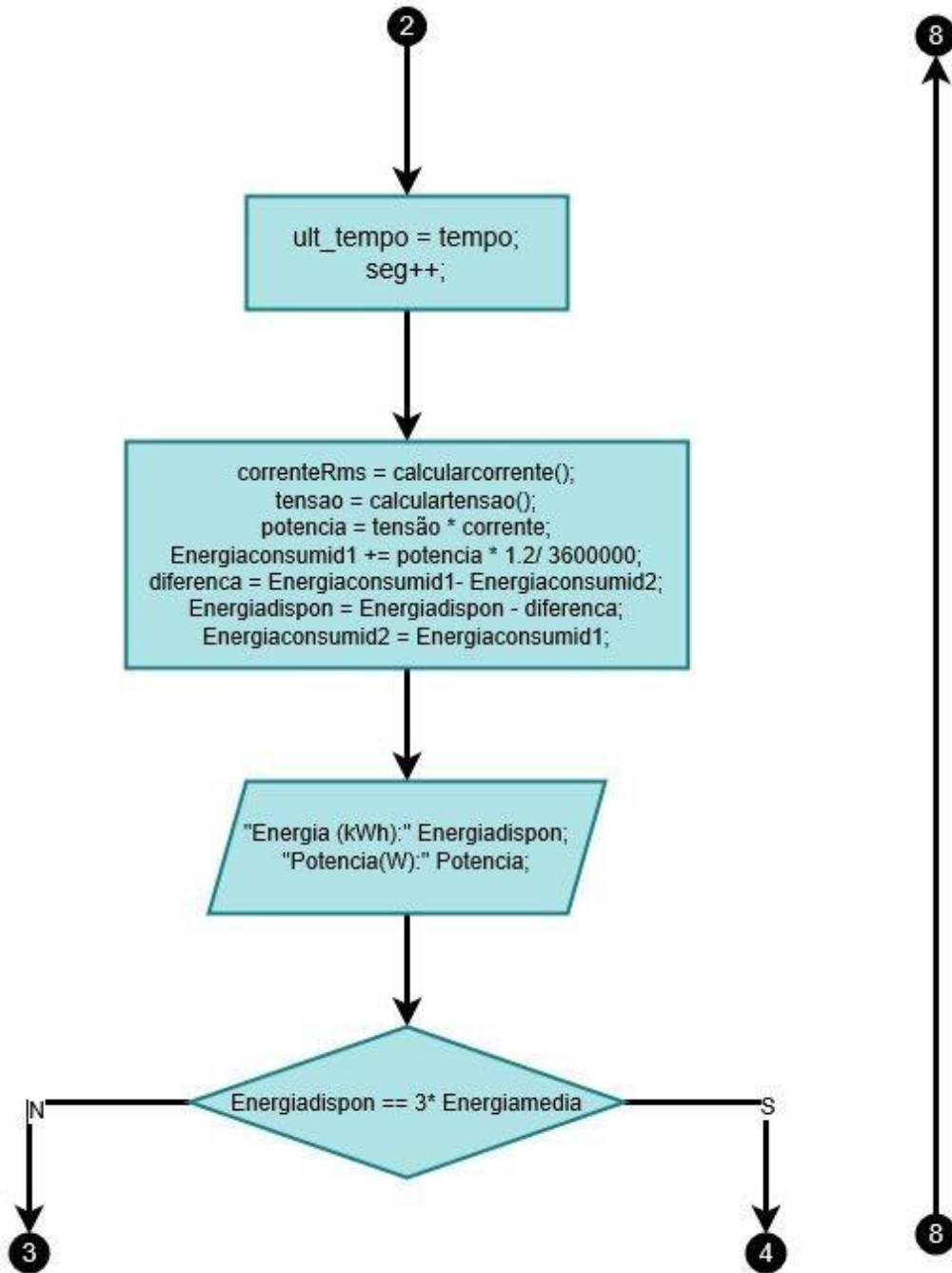
Para além dos momentos pré-definidos para dar alerta ao cliente haverá a possibilidade do cliente enviar SMS para o medidor a procurar saber do saldo e previsão do tempo para energia acabar a qualquer momento e o medidor por sua vez encarrega-se por enviar SMS respondendo ao cliente.

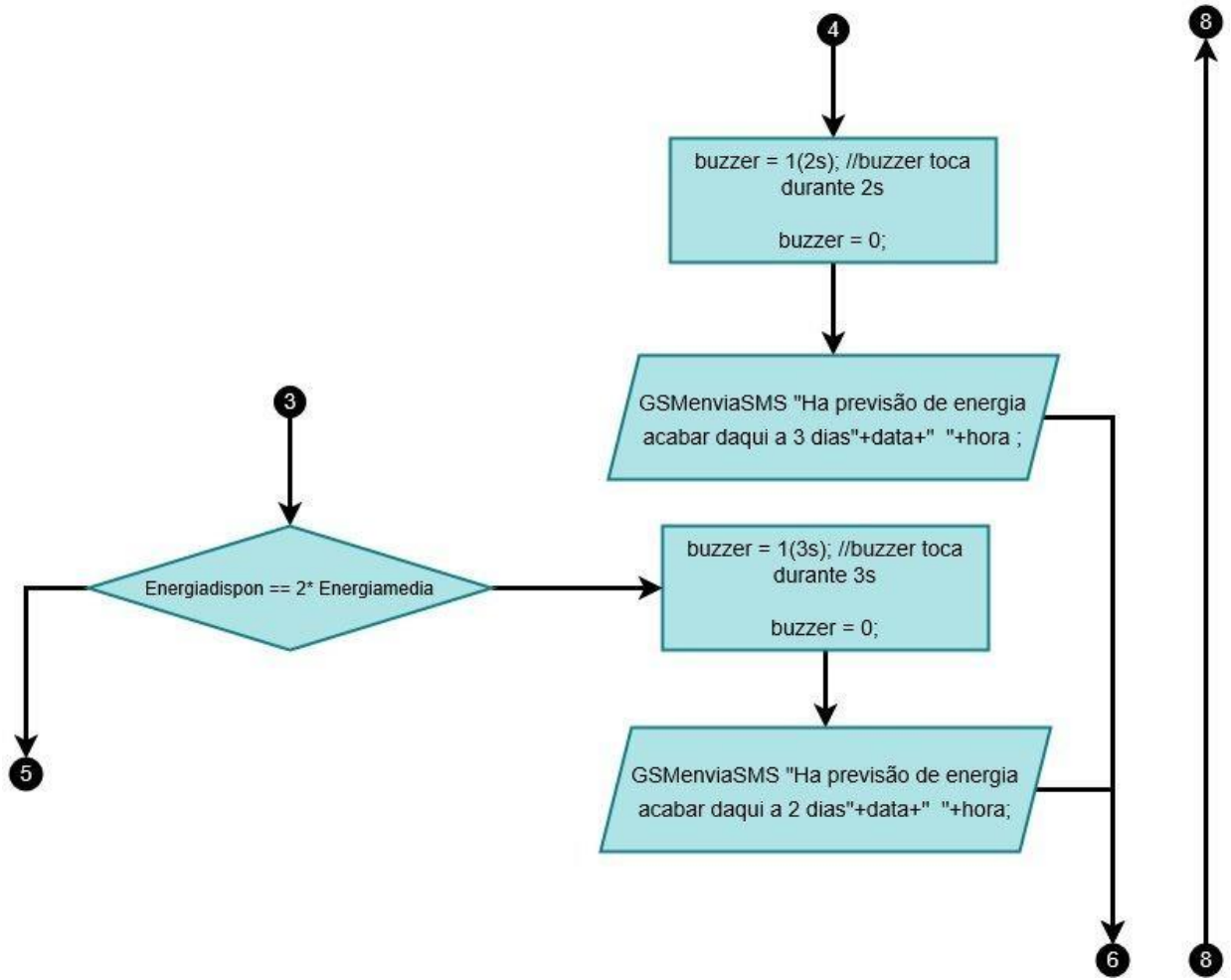
### 4.3. Fluxograma

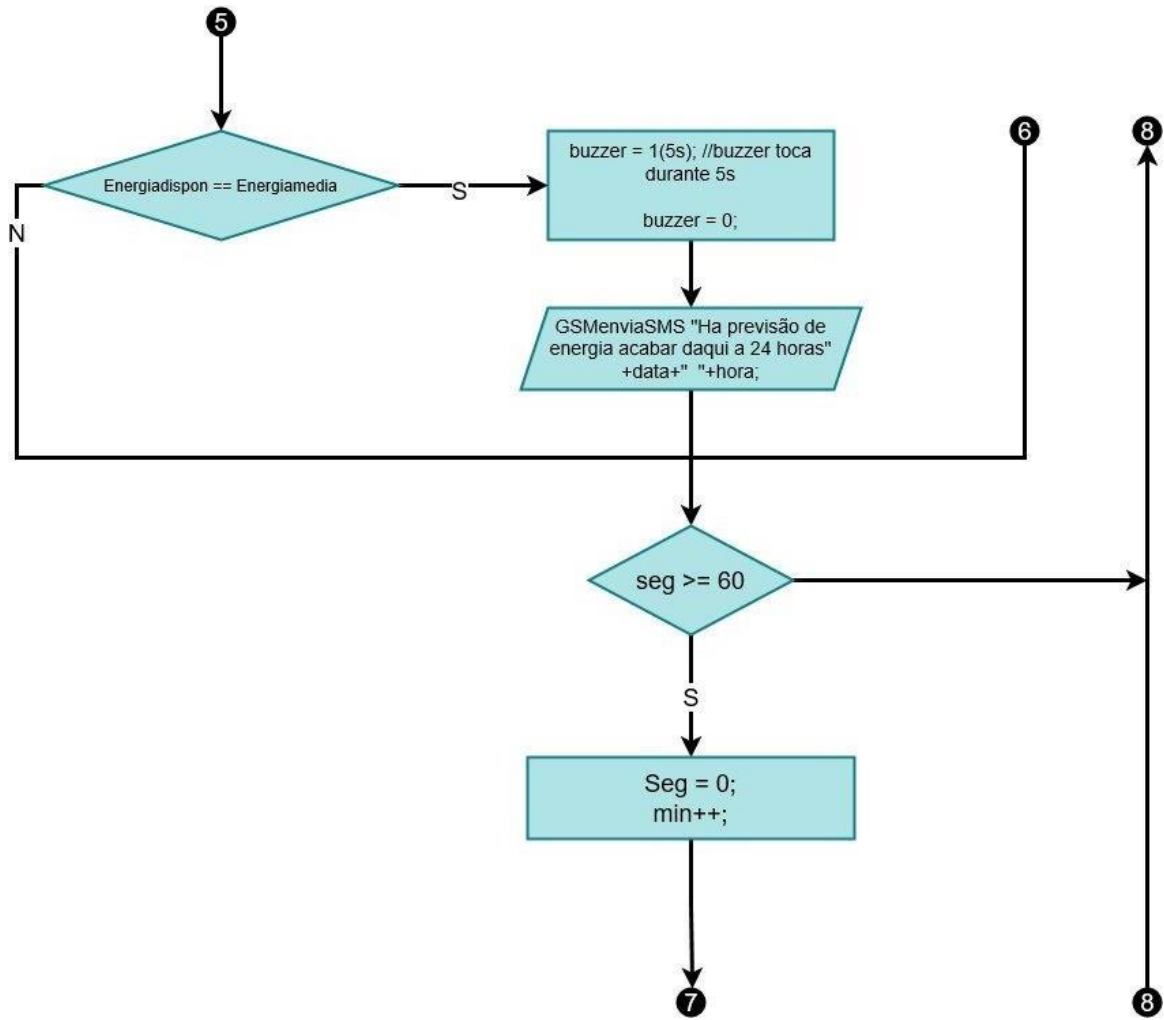
Segue a apresentação gráfica da lógica usada para programar o microcontrolador que executa as instruções apresentadas nos pontos 4.1 e 4.2.

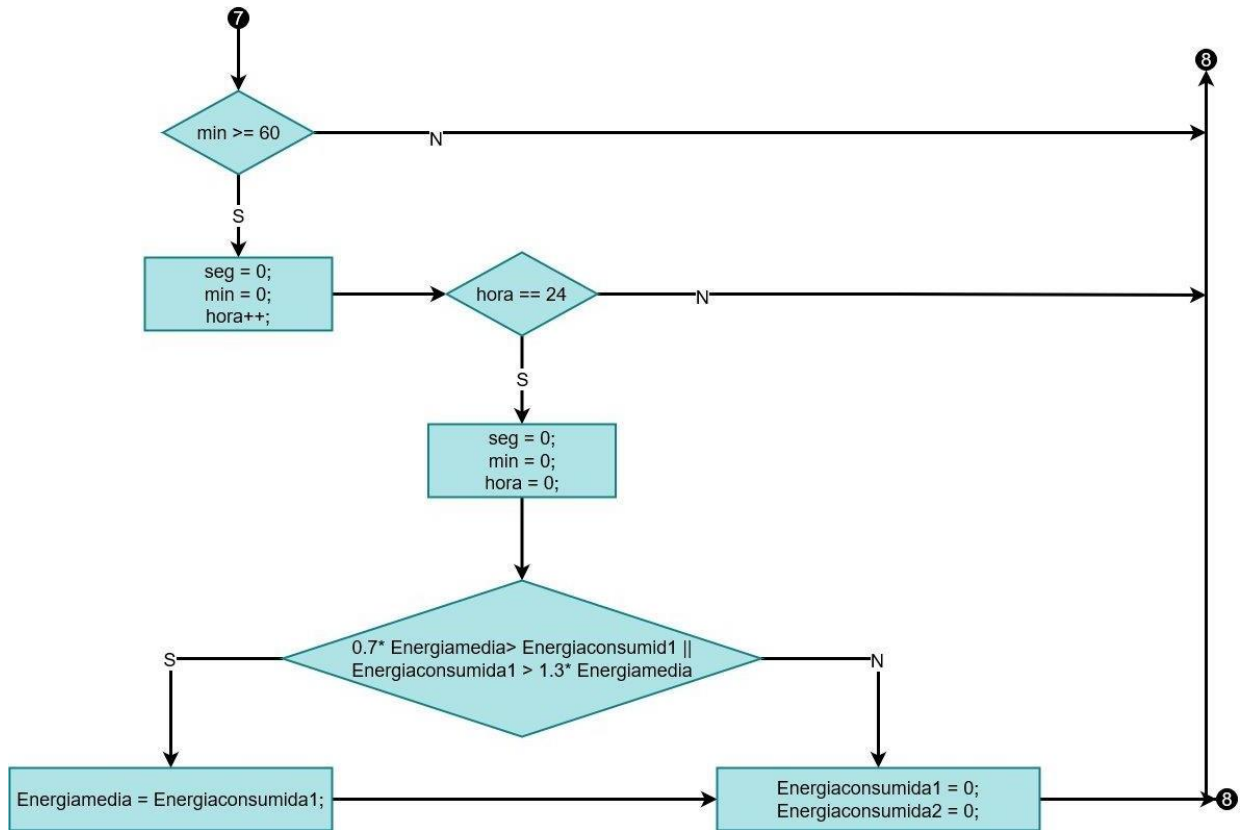




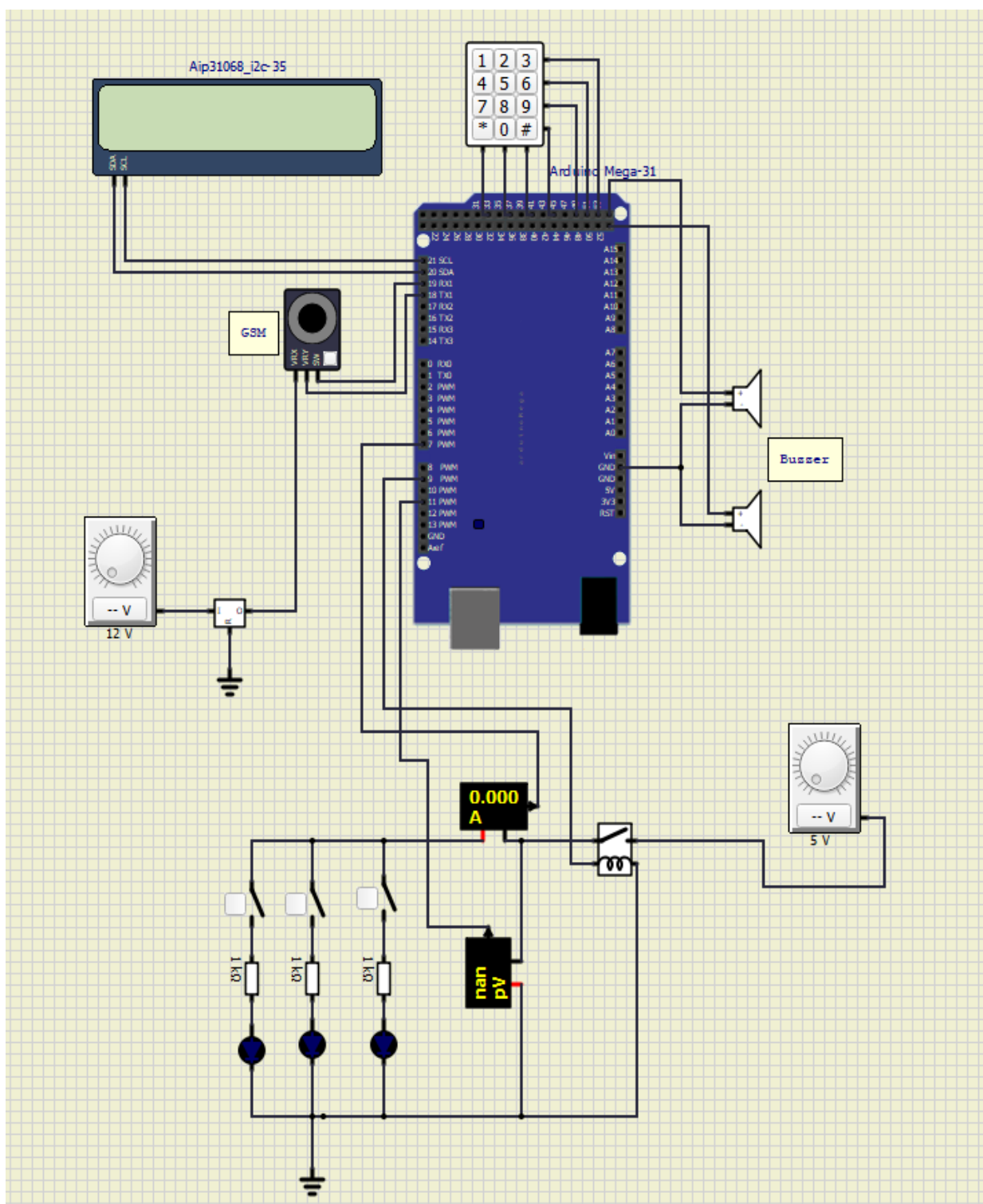








#### 4.4. Esquema eléctrico funcional





## 4.5. Montagem real

As perguntas que podem surgir são, numa instalação eléctrica residencial em que ponto pode-se instalar o sistema? Como conectar o sistema à instalação?

Uma vez que é ilegal fazer qualquer conexão numa instalação antes do contador e que o sistema deve ter informação de toda instalação sem excluir nenhuma carga, o ponto ideal para se instalar o sistema é imediatamente depois do contador e antes das cargas, ou seja, no quadro geral. As conexões eléctricas serão feitas através dos sensores de corrente e tensão onde o primeiro será colocado em série através do condutor que sai do contador para o disjuntor geral e o segundo estará conectado por um lado no condutor que vai ao disjuntor geral e por outro lado no neutro.

Uma vez que o objectivo principal é dar o alerta e não necessariamente fazer medição de energia, para um sistema prático funcional pode-se usar ferramentas de inteligência artificial (*Machine Learning*) eliminando a necessidade de conexões eléctricas com a instalação residencial e reduzindo os riscos de erros de medição de energia uma vez que serão usados dados obtidos directamente do contador real. Com *Machine Learning* é possível através de uma câmara ter os dados de consumo de energia oferecidos pelo contador da EDM e esses dados podem ser processados pelo sistema para de seguida dar-se o alerta ao cliente.

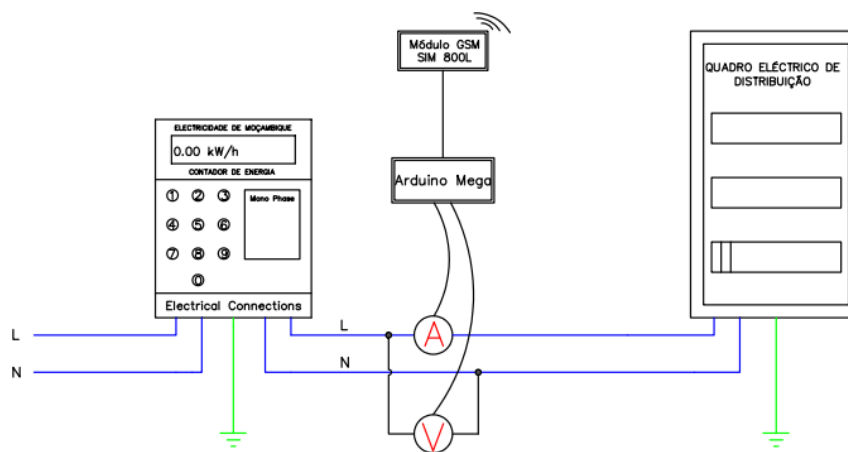


Figura 14. Montagem real. Fonte (Autor)

## 4.6. Orçamento

Tabela 1. Orçamento do material necessário para o projecto

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
01	Arduíno Mega 2560	01	2.500,00Mt	2.500,00Mt
02	Módulo GSM SIM800L	01	1.200,00Mt	1.200,00Mt
03	Sensor de corrente ACS 712	01	350,00Mt	350,00Mt
04	Sensor de tensão	01	400,00Mt	400,00Mt
05	LCD+I2C (2x16)	01	600,00Mt	600,00Mt
06	Teclado matricial	01	400,00Mt	400,00Mt
07	Fonte de alimentação 12V-2A	01	507,00Mt	507,00Mt
08	Regulador de tensão ajustável	01	350,00Mt	350,00Mt
09	<i>Buzzer</i>	02	65,00Mt	130,00Mt
10	Módulo <i>Relay</i> 5V	01	350,00Mt	350,00Mt
11	Módulo RTC DS3231	01	350,00Mt	350,00Mt
12	<i>Jumper</i>	35	10,00Mt	350,00Mt
<b>Total</b>				<b>7.487,00Mt</b>

## **5. CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDO**

### **5.1. Conclusões**

O verdadeiro sentido do engenho não está no simples acto de criar e desenvolver projectos como um algo desportivo ou competitivo para simples satisfação do projetista, mas sim torna-se relevante e valioso quando resolve problemas que a sociedade enfrenta. Nesta senda, depois da identificação do problema o autor sentiu-se na obrigação de actualizar o funcionamento dos actuais sistemas de Credelec para resolver os problemas que a sociedade enfrenta. Assim, surgiu o sistema de alerta de consumo de energia eléctrica via SMS desenvolvido procurando reduzir os riscos do cliente ficar sem energia por distração e ocupação noutras actividades.

No desenvolvimento deste sistema todos os objectivos apresentados no primeiro capítulo foram alcançados e importa referir que este pode ser desenvolvido para aplicações práticas, isto é, pode ser tirado do papel e ir além de um simples protótipo e chegar a finalidades comerciais uma vez que responde positivamente no sentido de mitigar um problema que a sociedade Moçambicana enfrenta. Vem responder ao grito de socorro de boa parte das pessoas que dependem de energia eléctrica para comercialização de produtos e serviços que servem de fonte de rendimento para suas famílias.

Com este estudo o autor pôde provar que apesar dos hábitos de consumo dos clientes serem variados, com a determinação da potência média e sem esquecer de tomar em consideração que esta sofre pequenas variações é possível alertar o cliente sobre seu consumo de energia e dar a previsão do tempo para a energia acabar. Esse estudo teve como base para alerta SMS e emissão sonora, mas de acordo com a criatividade, praticidade e condições existentes podem ser desenvolvidas outras formas de comunicação para alertar ao cliente.

De modo a tornar o sistema mais acessível em coordenação com a EDM pode-se trabalhar no sentido de inserir o sistema de alerta como parte interna dos contadores de Credelec e eliminar a necessidade de se adquirir um microcontrolador, sensores de corrente e tensão, teclados e *display* LCD externos bastando apenas a introdução do código de alerta e o módulo GSM.

## **5.2. Limitações e desafios**

No desenvolvimento do trabalho, o autor deparou-se com algumas situações que não colaboraram positivamente para que os objectivos fossem alcançados como tinha sido traçado antes da implementação, a saber:

1. Dificil acesso a informação referente aos factores que influenciam para a variação do consumo de energia em Moçambique, dados como a curva geral do consumo diário na escala nacional, regional ou provincial seria de grande aplicação para maior precisão na realização do trabalho.
2. Dependência pelo estado da rede das operadoras móveis, isto é, quando há problemas na rede móvel de comunicação torna-se difícil fazer chegar o alerta ao cliente.
3. Existência de alguns pontos do país com acesso a energia eléctrica mas com problemas de cobertura de rede móvel.
4. Falta de informação referente aos protocolos de comunicação usados pelo contador de credelec para comunicação entre o contador e o sistema de alerta.

### **5.2.1. Medidas de mitigação**

Face aos problemas apresentados no ponto 5.2 o autor apresenta algumas sugestões para as ultrapassar e algumas delas foram tomadas em consideração no desenvolvimento do protótipo. Para ultrapassar a limitação do problema de cobertura da rede, o autor recomenda que se façam contratos com as 3 operadoras existentes em Moçambique onde a colocação de uma em detrimento de outra será feita de acordo com a qualidade dos serviços oferecidos pelas operadoras em cada região. Por outro lado, para ultrapassar problemas que se verificam nas situações em que há problemas de serviços de SMS o autor incluiu o alerta sonoro e o uso da rede de dados para envio de Emails.

### **5.3. Recomendações de estudo**

Para o desenvolvimento prático deste projecto e continuação do estudo sobre este tema, o autor recomenda:

- Uso do módulo RTC para controle de tempo de forma mais precisa e que não dependa necessariamente da rede pública para seu funcionamento.
- Inclusão no alerta dos circuitos que consomem mais energia para facilitar a gestão por parte dos clientes.
- Permitir ligar e desligar os circuitos eléctricos na residência a distância usando SMS.

Aos usuários da rede pública, o autor recomenda:

- Um consumo racional de energia eléctrica para melhor controle e poupança.
- Ter a atenção de garantir que o cartão SIM do módulo GSM sempre tenha SMS e que se faça o uso de recargas electrónicas eliminando a necessidade de ter que se tirar o cartão só para recarregar.

## Referências Bibliográficas

1. Autocorerobotica. (2018). *Autocorerobotica*. Retrieved from Autocorerobotica.com: <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-gprs-gsm-sim800l-com-antena>
2. Azevedo, P. (2014). *Sistemas de Comunicações Móveis*. Porto: CINEL.
3. Casa da Robotica. (2022, Abril 13). *Casa da Robotica*. Retrieved from cadarobotica.com: <https://www.casadarobotica.com/sensores-modulos/sensores/tensao/sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>
4. Celfinet. (2011). *GSM/GPRS/EDGE System Overview*. Lisboa.
5. Creder, H. (2016). *Instalações Elétricas*. Rio de Janeiro: LTC.
6. EDM. (2018). *ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE, E.P.* Retrieved from www.edm.co.mz: <https://www.edm.co.mz/pt/products/contador-credelec>
7. EDM. (2019, Agosto 15). *ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE, E.P.* Retrieved from www.edm.co.mz: <https://www.edm.co.mz/pt/website-mobile/article/not%C3%ADcia/at%C3%A9-final-de-2019-34-dos-mo%C3%A7ambicanos-com-acesso-energia-el%C3%A9ctrica>
8. EDM. (n.d.). *ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE, E.P.* Retrieved from www.edm.co.mz: <https://www.edm.co.mz/pt/website/page/comercializa%C3%A7%C3%A3o>
9. eletrogate.com. (n.d.). *eletrogate*. Retrieved from eletrogate.com: <https://www.eletrogate.com/modulo-gsm-gprs-sim800l>
10. Embarcados. (2022, Abril 13). *Embarcados*. Retrieved from embarcados.com: <https://embarcados.com.br/prototipacao-plataformas-de-hardware-e-software-para-sistemas-embarcados/>
11. ERICSSON. (2009). *MSC/MSC-S R14.1 Configuration*.
12. ERICSSON. (2011). *GSM BSS G10 GPRS EDGE Signaling*.
13. Filipe Flop. (2022, Maio 24). *Filipe Flop*. Retrieved from fikipeflop.com: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101k/>
14. INE. (2017). *www.ine.gov.mz*. Retrieved from Instituto Nacional de Estatística: <https://www.ine.gov.mz/iv-rgph-2017/mocambique/14-tecnologia/quadro-63-populacao-de-3-anos-e-mais-por-posse-de-telefone-celular-segundo-area-de-residencia-provincia-e-sexo-mocambique-2017.xlsx/view>

15. Kasatkin, A. S. (n.d.). *Funamentos de Electrotecnia*.
16. Morais, J. (2018, Maio). *vidadesilicio*. Retrieved from vidadesilicio.br:  
<https://portal.vidadesilicio.br/modulo-gsm-sim800l>
17. Mundo Educação. (n.d.). *Mundo Educação*. Retrieved from mundoeducacao.uol.com:  
<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/estimando-consumo-energia-eletrica.htm>
18. Muta, J. G. (2018, Agosto 17). *eletrogate*. Retrieved from eletrogate.com:  
<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-arduino-mega/>
19. Nefeltech. (n.d.). *Nefeltech*. Retrieved from Nefeltech.com:  
<https://www.nefeltech.com/arduino-mega-2560-r3-compativel>
20. Sadiku, C. K. (2013). *Funamentos de Circuitos Elétricos* (5ª ed.). São Paulo: AMDH Editora Ltda.
21. Sousa, F. d. (2016). *Embarcados*. Retrieved from Embarcados.com:  
<https://embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

## Anexos

### Anexo 1: Código fonte

```
//Carrega bibliotecas
#include <Wire.h> //Biblioteca para Comunicação I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Biblioteca com as funções do display
#include <SoftwareSerial.h> // Biblioteca para comunicacao serial com o computador

//VARIABLES E DEFINICAO DE PINOS
#define endereco 0x27
#define colunas 16
#define linhas 2
#define buzzer 7
#define numero "+258842549069" //numero para validacao e envio de mensagens

float tensao = 220.000; //Tensao da rede
float correnteRms; //A variável que vai armazenar a corrente medida pelo sensor
float potencia; //A variável que vai armazenar potência a partir da fórmula  $P = V \times I$ 
float EnergiaConsumid1=0; //A variável que vai armazenar a energia gasta a partir da fórmula  $E = P \times t$ 
float EnergiaConsumid2=0; // variável auxiliar
float EnergiaDispon=3;
float Energiamedia=0; //Variavel que vai armazenar a média de energia consumida diariamente
//Definição da variável 'sensibilidade' a partir da corrente medida pelo seu sensor:
//- Para 30A, sensibilidade = 0.066;
//- Para 20A, sensibilidade = 0.100;
//- Para 5A, sensibilidade = 0.185;
```



```

float sensibilidade = 0.100;
int seg =0, min =0, hora=0;
unsigned long ult_tempo, tempo;

//INSTACIANDO OBJECTOS
LiquidCrystal_I2C lcd (endereco, colunas, linhas);
void enviaSMS(String telefone, String mensagem);

//DEFINICAO DE FUNCOES
void Medidor ();
void configuraGSM();
void energia1();
void energia2();
void energia3();

void setup() {
  lcd.begin(colunas, linhas); //Identifica que o display possui 16 colunas e 2 linhas
  lcd.init();
  lcd.backlight(); //iluminacao do display
  lcd.clear();// limpa display
  Serial.begin(9600);
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print ("Energ.Disp. (kWh):");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print ("Pot.(W):");
  Serial.println("Sketch Iniciado!");
  configuraGSM();
  pinMode (buzzer, OUTPUT);

```

```

digitalWrite (buzzer, 0);
ult_tempo=0;
tempo=0;
}

void loop() {
  Medidor (); // chama a funcao "Medidor de energia"
  Energia1(); // chama a funcao energia 1, que sinaliza quando ha previsao de energia
  acabar em 1 dia
  Energia2(); // chama a funcao energia 2, que sinaliza quando ha previsao de energia
  acabar em 2 dia
  Energia3(); // chama a funcao energia 3, que sinaliza quando ha previsao de energia
  acabar em 3 dia

  // quando millis() reiniciar
  if (tempo>millis() ) {
    ult_tempo= ult_tempo-tempo+millis();
  }
  tempo=millis();
  if ( (tempo-ult_tempo) >=1000) {
    //inicio do segundo
    ult_tempo=tempo;
    seg++;
  }
  if (seg>=60 ) {
    //inicio do minuto
    seg=0;
    min++;
  }
}

```

```

if (min>=60 ) {
//inicio da hora
seg=0;
min=0;
hora++;
}
if (hora==24 ) {
seg=0;
min=0;
hora=0;
if (Energiaconsumid1>1.3*Energiamedia|| Energiaconsumid1<0.7*Energiamedia) {
Energiamedia=Energiaconsumid1; }
}
Energiaconsumid1=0;
Energiaconsumida2=0;}

Medidor (); {
    correnteRms = calculaCorrente(filtroDaMedia()); //Calcula a corrente
    potencia = abs(correnteRms * tensao); //Calcula a potência a partir da fórmula  $P = V \times I$ . A potência é apresentada em valor absoluto pela função "abs"
    EnergiaConsumid1+=(potencia*1.2/3600000); //Calcula a energia gasta até o momento a partir da fórmula  $E = P \times t$  ____  $t = 1,2s$  ,pois esse é o tempo aproximado de ciclo da função loop desse programa, divide-se por 3600000 para converter a energia de Joule para kWh
    lcd.clear(); //limpa LCD
    lcd.setCursor(0,0); //Coloca o cursor do display na primeira linha e primeira coluna
    //Digita o valor de Tensão na linha 1
    Serial.print ("Tensao: ");
    Serial.print (Tensao);

```

```

Serial.println ("V");

//Digita o valor de Corrente na linha 2
Serial.print ("Corrente: ");
Serial.print (correnteRms);
Serial.println ("A");

//Digita o valor da Potência na linha 3
Serial.print ("Potencia: ");
Serial.print (potencia);
Serial.println("W");

//Digita a energia gasta até o momento na linha 2
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Energia: ");
lcd.print(EnergiaConsumid,3);
lcd.print(" kWh");
Serial.print ("Energia C: ");
Serial.print (EnergiaConsumid1);
Serial.println("kWh");
diferenca= EnergiaConsumid1-Energia consumid2;
EnergiaDispon= EnergiaDispon-diferenca;
Energiaconsumid2=Energiaconsumid1;}

// A função "calculaCorrente" vai converter o sinal amostrado pelo arduino em A0 num
valor de corrente.
float calculaCorrente(int sinalSensor) {
return (float)(sinalSensor)*(5.000)/(1023.000*sensibilidade);}

```

// A função "filtroDaMedia", como o nome já diz, é um Filtro da Média. Esse é um filtro digital que serve para retirar o ruído do sinal do sensor.

// Nessa função, nós amostramos o sinal do sensor mil vezes, somamos essas amostras e dividimos por 1000. Obtemos assim a média aritmética de 1000 amostras.

```
int filtroDaMedia(){
    long somaDasCorrentes=0, mediaDasCorrentes;
    for(int i=0; i<1000; i++){
        somaDasCorrentes+=pow((analogRead(A0)-509),2); //Soma o valor das correntes
        elevadas ao quadrado para calcular o valor RMS
        delay(1);
    }
    mediaDasCorrentes=sqrt(somaDasCorrentes/1000); //Calcula a média quadrática da
    corrente
    if(mediaDasCorrentes==1) //esse if é para remover o ruído de 7mA quando I=0. possui
    uma desvantagem, pois só permite que o sensor meça correntes a partir de
    (2*5)/(1023*sensibilidade)
    return 0;
    return mediaDasCorrentes;}

```

```
Energia1() {
if (EnergiaDisponivel== EnergiaMedia) {
    Serial.println("Ha previsao de energia acabar daqui a 1 dia");
    enviaSMS(numeroComando, "Saudacoes! Ha previsão da energia acabar daqui a 1
    dia");
digitalWrite (buzzer, 1);
    delay(1000);
digitalWrite (buzzer, 0);
    } }
}

```

```
Energia2() {
if (EnergiaDisponivel== 2*EnergiaMedia) {

```

```

    Serial.println("Ha previsao de energia acabar daqui a 2 dias");
    enviaSMS(numeroComando, "Saudacoes! Ha previsão da energia acabar daqui a 2
dias");
digitalWrite (buzzer, 1);
    delay(1000);
digitalWrite (buzzer, 0);
    } }
}

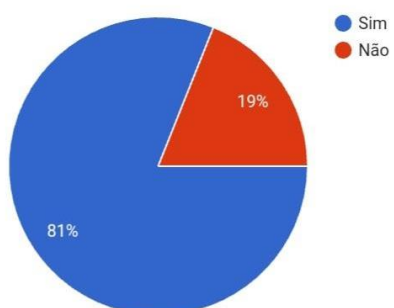
Energia3() {
if (EnergiaDisponivel== 3*EnergiaMedia) {
    Serial.println("Ha previsao de energia acabar daqui a 3 dias");
    enviaSMS(numeroComando, "Saudacoes! Ha previsão da energia acabar daqui a 3
dias");
digitalWrite (buzzer, 1);
    delay(1000);
digitalWrite (buzzer, 0);
    } }

```

## Anexo 2: Resultados do inquério A

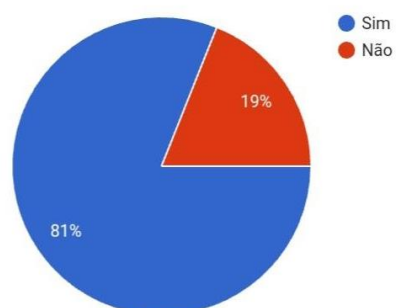
Alguma vez ficou sem energia não por falta de dinheiro, mas por distração esqueceu-se de controlar o contador de credelec?

58 respostas



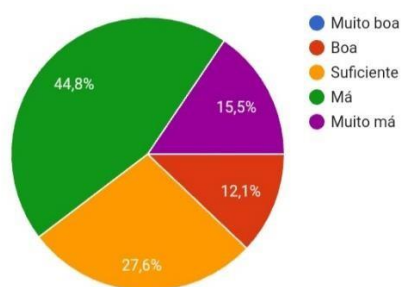
Alguma vez ficou sem energia não por falta de dinheiro, mas por distração esqueceu-se de controlar o contador de credelec?

58 respostas



O que acha da comunicação entre a EDM e seus clientes no diz respeito ao consumo de energia?

58 respostas



### Anexo 3: Resultados do estudo do caso

Tabela 2. Dados de energia disponível colhidos da residência 1. Fonte (Autor)

Hora/Data	3/7/2022	4/7/2022	5/7/2022	6/7/2022	10/7/2023
06:00h	11.8	17.7	12.4	7	6.7
07:00h	11.6	17.4	12.2	6.8	6.5
08:00h	11.4	17.3	12	6.6	6.3
09:00h	11.2	17.1	11.8	6.4	6.1
10:00h	11	17	11.6	6.2	5.9
11:00h	10.8	16.8	11.4	6	5.7
12:00h	10.6	16.6	11.2	5.8	5.5
13:00h	10.3	16.4	11	5.6	5.3
14:00h	10.2	16.2	10.8	5.4	5.1
15:00h	10	16	10.6	5.2	4.9
16:00h	9.8	15.8	10.4	5	4.6
17:00h	9.7	15.6	10.1	4.8	4.5
18:00h	9.4	15.4	9.8	4.5	4.3
19:00h	9.1	15.1	9.7	4.4	4.1
20:00h	8.9	14.8	9.5	4.2	3.8
21:00h	8.7	14.5	9.3	4	3.7



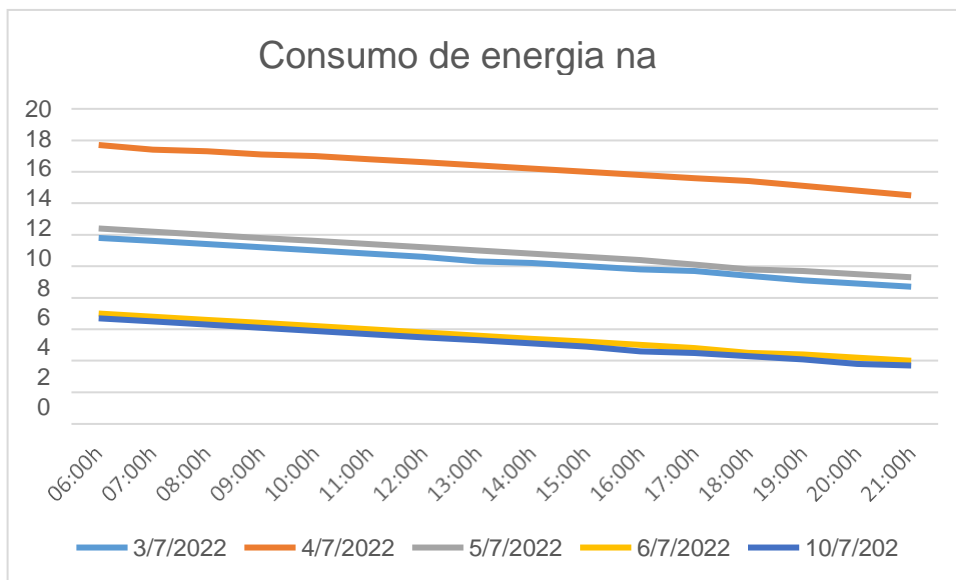


Gráfico 1. Consumo de energia na residência 1. Fonte (Autor)

Tabela 3. Dados de energia disponível colhidos da residência 2. Fonte (Autor)

Hora/Data	06/01/2022	07/01/2022	08/01/2022
06:00AM	38.9	57	45
08:00AM	37	55.8	43.2
10:00AM	35.5	51.2	40.9
12:00PM	33.1	50.2	38.7
02:00PM	29.9	48.1	38
04:00PM	25.8	47.8	35.9
04:00PM	64.5	47.8	35.9
06:00PM	62.9	47.1	32.8
08:00PM	61.9	46.7	31.9
10:00PM	58.5	46.2	31
12:00AM	57.8	45.7	29.6

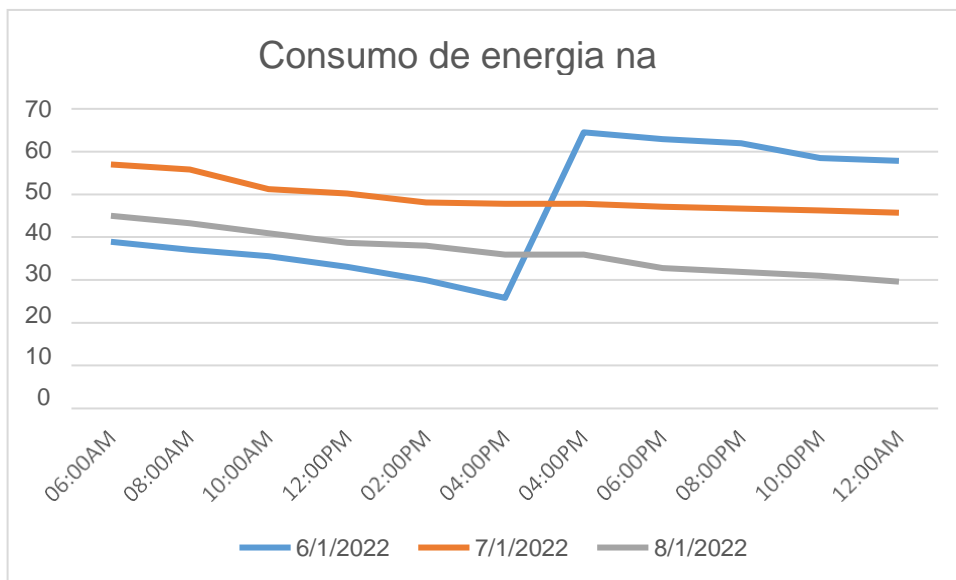


Gráfico 2. Consumo de energia na residência 2. Fonte (Autor)

Tabela 4. Dados de energia disponível colhidos da residência 3. Fonte (Autor)

Hora/Data	23/08/2022	24/08/2022	25/08/2022	26/08/2022
08:00AM	9.2	9.1	2.1	14.9
09:00AM	8.9	8.9	1.8	14.7
10:00AM	8.6	8.5	1.5	14.4
11:00AM	8.4	8.2	1.1	14.2
12:00PM	8.1	8	0.8	13.9
01:00PM	7.8	7.7	0.5	13.5
02:00PM	7.5	7.4	0.2	13.2
03:00PM	7.1	7.2	0.2	13
03:00PM	7.1	7.2	20	13
04:00PM	6.9	7	19.7	12.7
05:00PM	6.6	6.7	19.5	12.4
06:00PM	6.4	6.4	19.1	12
07:00PM	6	6.1	18.6	11.7
08:00PM	5.6	5.8	18.3	11.2
09:00PM	5.2	5.4	18	10.7

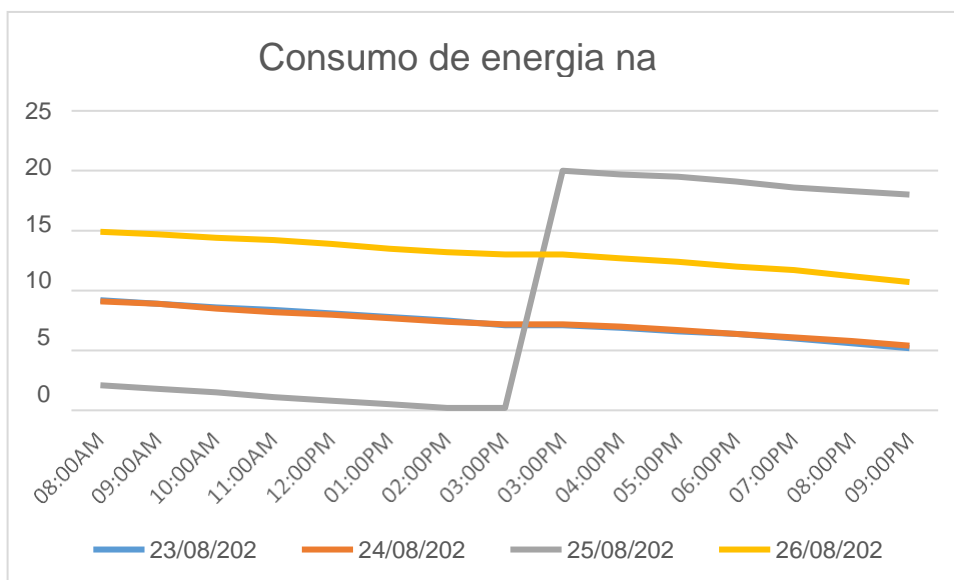


Gráfico 3. Consumo de energia na residência 3. Fonte (Autor)

Tabela 5. Potência consumida na residência 1. Fonte (Autor)

Hora/Data	3/7/2022	4/7/2022	5/7/2022	6/7/2022	10/7/2022
06:00AM	0.23	0.25	0.23	0.25	0.24
07:00AM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
08:00AM	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
09:00AM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
10:00AM	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
11:00AM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
12:00PM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
01:00PM	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
02:00PM	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
03:00PM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
04:00PM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
05:00PM	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1
06:00PM	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
07:00PM	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
08:00PM	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
09:00PM	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1

P.média	0.206	0.213	0.206	0.2	0.2
---------	-------	-------	-------	-----	-----

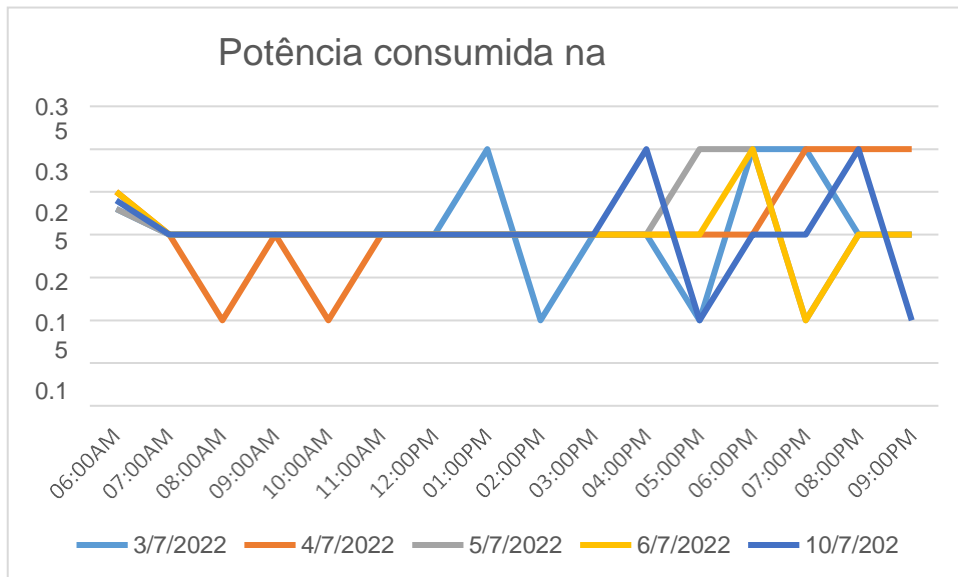


Gráfico 4. Potência consumida na residência 1. Fonte (Autor)

Tabela 6. Potência consumida na residência 2. Fonte (Autor)

Hora/Data	6/1/2022	7/1/2022	8/1/2022
06:00AM	0.1	0.13	0.12
08:00AM	0.95	0.6	0.9
10:00AM	0.75	2.3	1.15
12:00PM	1.2	0.5	1.1
02:00PM	1.6	1.05	0.35
04:00PM	2.05	0.15	1.05
06:00PM	0.8	0.35	1.55
08:00PM	0.5	0.2	0.45
10:00PM	1.7	0.25	0.45
12:00AM	0.35	0.25	0.7
P.média	1.1	0.85	0.96

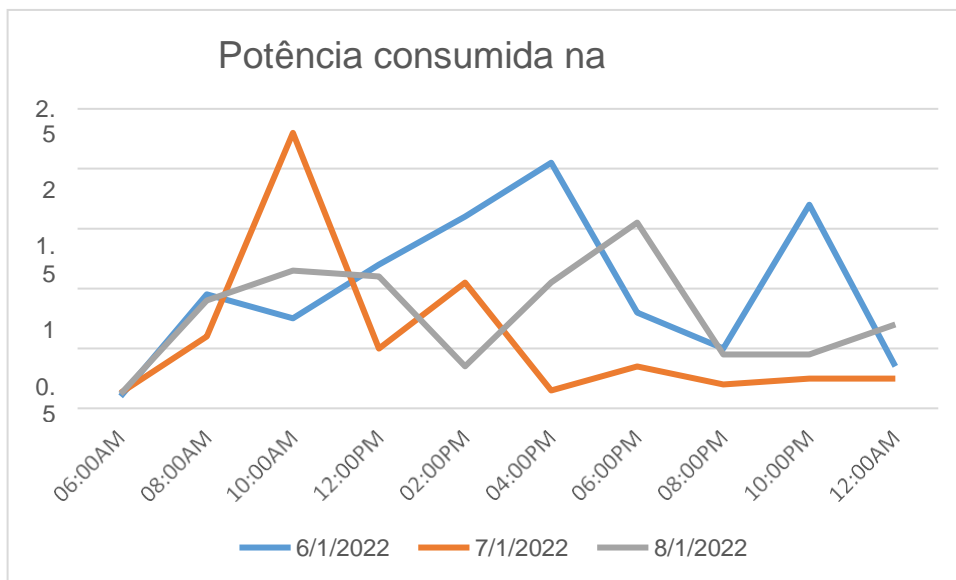


Gráfico 5. Potência consumida na residência 2. Fonte (Autor)

Tabela 7. Potência consumida na residência 3. Fonte (Autor)

Hora/Data	23/08/2022	24/08/2022	25/08/2022	26/08/2022
08:00AM	0.34	0.37	0.3	0.37
09:00AM	0.3	0.2	0.3	0.2
10:00AM	0.3	0.4	0.3	0.3
11:00AM	0.2	0.3	0.4	0.2
12:00PM	0.3	0.2	0.3	0.3
01:00PM	0.3	0.3	0.3	0.4
02:00PM	0.3	0.3	0.3	0.3
03:00PM	0.4	0.2	0.2	0.2
04:00PM	0.2	0.2	0.3	0.3
05:00PM	0.3	0.2	0.2	0.3
06:00PM	0.2	0.3	0.4	0.4
07:00PM	0.4	0.3	0.5	0.3
08:00PM	0.4	0.3	0.3	0.5
09:00PM	0.2	0.4	0.3	0.5
P.média	0.307	0.284	0.315	0.323

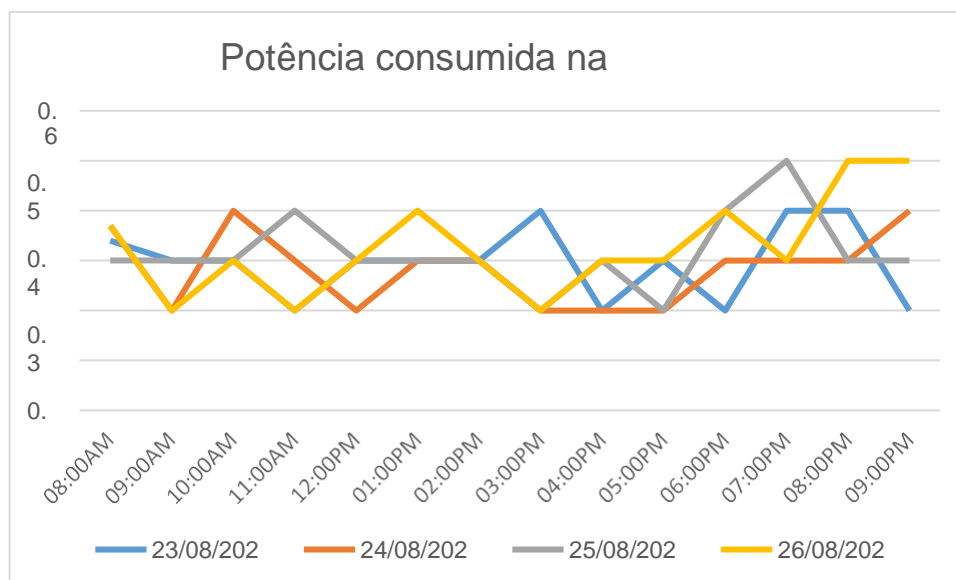


Gráfico 6. Potência consumida na residência 3. Fonte (Autor)

#### Anexo 4: Dados de acesso a telefone celular em Moçambique

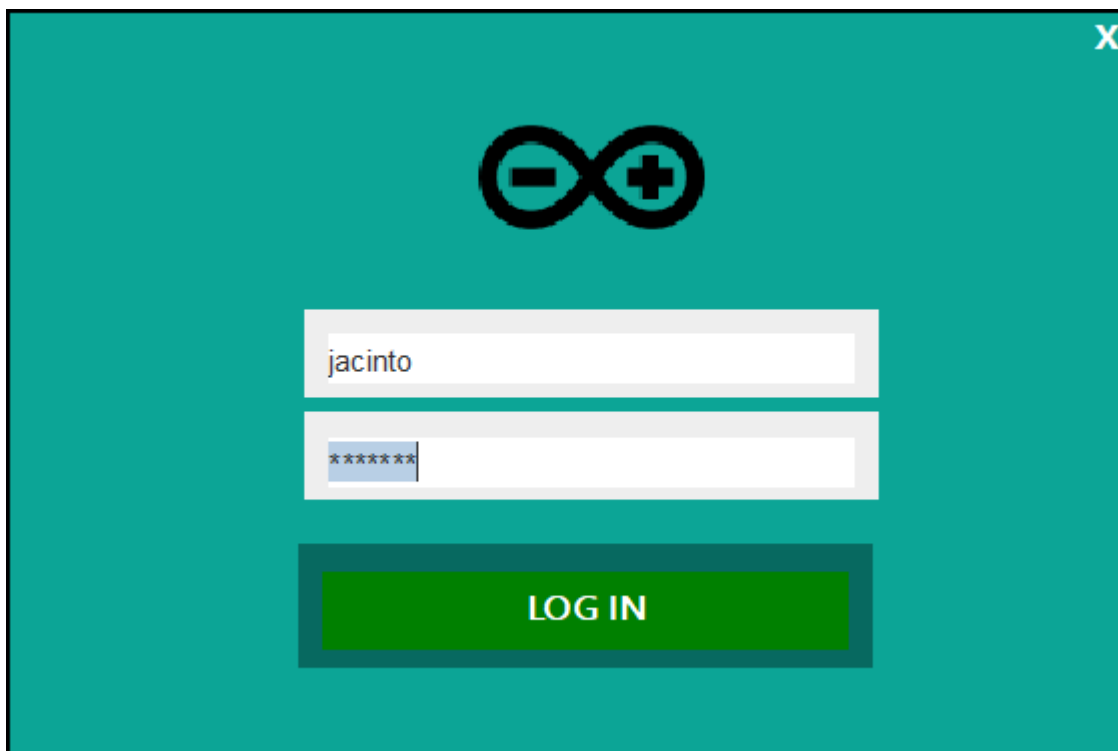
### QUADRO 63. POPULAÇÃO DE 3 ANOS E MAIS POR POSSE DE TELEFONE CELULAR, SEGUNDO ÁREA DE RESIDÊNCIA,

#### PROVÍNCIA E SEXO. MOÇAMBIQUE, 2017

ÁREA DE RESIDENCIA PROVÍNCIA E SEXO DO CHEFE DE AGREGADO	POSSE DE TELEFONE CELULAR			
	TOTAL	TEM	NAO TEM	DESCONHECIDO
	1	2	3	4
<b>TOTAL</b>	24,269,150	6,406,198	16,044,154	1,818,798
HOMENS	11,608,702	3,573,918	7,151,514	883,270
MULHERES	12,660,448	2,832,280	8,892,640	935,528
<b>URBANA</b>	8,231,909	3,457,620	4,213,597	560,692
HOMENS	3,970,594	1,810,185	1,887,246	273,163
MULHERES	4,261,315	1,647,435	2,326,351	287,529
<b>RURAL</b>	16,037,241	2,948,578	11,830,557	1,258,106
HOMENS	7,638,108	1,763,733	5,264,268	610,107
MULHERES	8,399,133	1,184,845	6,566,289	647,999

<b>NIASSA</b>	1,525,159	275,046	1,121,949	128,164
HOMENS	740,667	178,794	499,406	62,467
MULHERES	784,492	96,252	622,543	65,697
<b>CABO DELGADO</b>	2,042,532	411,043	1,478,153	153,336
HOMENS	986,253	250,247	661,072	74,934
MULHERES	1,056,279	160,796	817,081	78,402
<b>NAMPULA</b>	4,899,341	803,051	3,645,593	450,697
HOMENS	2,370,876	511,188	1,641,894	217,794
MULHERES	2,528,465	291,863	2,003,699	232,903
<b>ZAMBÉZIA</b>	4,455,398	647,184	3,420,113	388,101
HOMENS	2,125,987	429,000	1,509,813	187,174
MULHERES	2,329,411	218,184	1,910,300	200,927
<b>TETE</b>	2,289,875	458,500	1,650,734	180,641
HOMENS	1,117,033	293,797	735,287	87,949
MULHERES	1,172,842	164,703	915,447	92,692
<b>MANICA</b>	1,656,646	461,178	1,090,900	104,568
HOMENS	790,323	261,433	477,937	50,953
MULHERES	866,323	199,745	612,963	53,615
<b>SOFALA</b>	1,984,204	533,080	1,314,233	136,891
HOMENS	956,665	319,222	570,626	66,817
MULHERES	1,027,539	213,858	743,607	70,074
<b>INHAMBANE</b>	1,347,059	579,049	700,120	67,890
HOMENS	612,225	266,526	312,577	33,122
MULHERES	734,834	312,523	387,543	34,768
<b>GAZA</b>	1,278,129	567,891	648,023	62,215
HOMENS	573,349	250,662	292,597	30,090
MULHERES	704,780	317,229	355,426	32,125
<b>MAPUTO PROVÍNCIA</b>	1,775,732	1,010,801	667,071	97,860
HOMENS	846,724	491,910	306,396	48,418
MULHERES	929,008	518,891	360,675	49,442
<b>MAPUTO CIDADE</b>	1,015,075	659,375	307,265	48,435
HOMENS	488,600	321,139	143,909	23,552
MULHERES	526,475	338,236	163,356	24,883

## Anexo 5: Interface gráfica do gerador de recargas



Gerar Recargas



Numero do Contador:

Valor:

KWh  
0

Código da Recarga



Numero do Contador:

Valor:

KWh  
20.0

Gerar

Limpar

Código da Recarga

**715097429374**

## Anexo 6: Protótipo



