

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS SERTÃO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUTIERREZ MARCIANO DE SÁ SILVA

**Análise de aproveitamento do potencial de microgeração de energia elétrica
através das instalações hidráulicas no Hotel Aline, localizado em Delmiro
Gouveia-AL**

Delmiro Gouveia - AL

2019

GUTIERREZ MARCIANO DE SÁ SILVA

**Análise de aproveitamento do potencial de microgeração de energia elétrica
através das instalações hidráulicas no Hotel Aline, localizado em Delmiro
Gouveia-AL**

Trabalho de Conclusão
apresentando ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, Campus do Sertão, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da
Silva Pereira

Delmiro Gouveia - AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S586a Silva, Gutierrez Marciano de Sá

Análise de aproveitamento do potencial de microgeração de energia elétrica através das instalações hidráulicas no Hotel Aline, localizado em Delmiro Gouveia – AL / Gutierrez Marciano de Sá Silva. - 2019.

63 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Recursos hídricos. 2. Águas pluviais. 3. Aproveitamento de água. 4. Energia elétrica. 5. Delmiro Gouveia – Alagoas. 5. Fontes energéticas renováveis. I. Pereira, Thiago Alberto da Silva. II. Universidade Federal de Alagoas. III. Título.

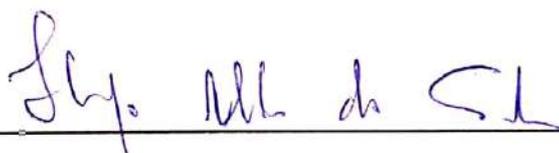
CDU: 628.1(813.5)

Folha de Aprovação

GUTIERREZ MARCIANO DE SÁ SILVA

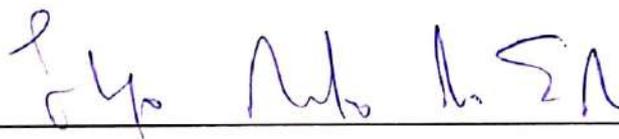
**Análise De Aproveitamento Do Potencial De Microgeração De Energia Elétrica
Através das Instalações Hidráulicas No Hotel Aline Localizado No Município De
Delmiro Gouveia – AL**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão em 11 de dezembro de 2019.

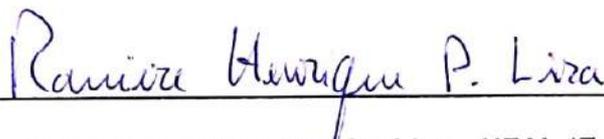


Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira (Orientador)

Banca Examinadora



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira (Orientador)



Prof. Msc. Raniere Henrique Pereira Lira – UFAL (Examinador Interno)



Prof. Dr. Fernando Pinto Coelho – UFAL (Examinador Interno)

DEDICATÓRIA

À Deus.

Aos meus pais e irmã.

Aos familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para enfrentar esta jornada, por ter me dado sabedoria e me ajudado tomar as decisões certas.

Ao meu Pai Cosme e minha mãe Irany por ter me apoiado durante todo o tempo que passei distante deles.

A minha irmã Irla que sempre entendeu minhas dificuldades e se dispôs a ajudar.

Aos meus tios João e Iracema e seus filhos Iris, Igor e Isis por terem me auxiliado durante esta etapa da minha vida.

A meu tio Mario por sempre me confortar nos momentos difíceis.

A minha namorada Jeniffer que participou dos meus melhores momentos na graduação, sempre me apoiando.

A meu Primo Guilherme que sempre esteve disposto a me ajudar.

Aos amigos que conheci na graduação: Iago, Igor, Felipe, Ricardo, Ulisses e Ananda.

Ao meu orientador Thiago Alberto por ter me apoiado com a escolha de tema e por ter tido paciência para que fosse possível realizar este trabalho.

A todos os familiares que de alguma forma contribuíram.

RESUMO

Devido ao crescimento populacional e crescimento no consumo de energia elétrica, faz-se necessário aproveitar ao máximo as fontes renováveis de energia, pois a utilização de fontes não renováveis para a geração de energia tem custo elevado e causam grandes impactos ao meio ambiente. O trabalho aqui apresentado tem o objetivo de mostrar que há possibilidade de aproveitar a pressão da rede distribuidora de água, da queda de águas cinzas geradas e das águas pluviais captadas. Para a realização dos cálculos, será necessário considerar o armazenamento das águas cinzas e pluviais para aproveitamento do potencial. Para chegar aos resultados obtidos, fez-se necessário realizar um estudo hidráulico e analisar dados pluviométricos da cidade de Delmiro Gouveia-AL. É possível chegar a uma economia de quase R\$16,36 mensalmente, e o resultado pode ser maior dependendo do objeto de estudo, pois se tratando da quantidade de chuva o nordeste brasileiro tem uma média diária de chuva bastante baixa. Posto isto, o trabalho exhibe um novo cenário quanto a geração de energia elétrica, aproveitando um potencial pouco analisado, que ao depender da situação pode fomentar grande parte do consumo de energia elétrica de uma edificação.

Palavra-chave: fontes renováveis, energia elétrica, águas cinzas, águas pluviais.

ABSTRACT

Due to population growth and growth in electricity consumption, it is necessary to make the most of renewable energy sources, because the use of non-renewable sources for energy generation is expensive and has a great impact on the environment. The work presented here aims to show that there is the possibility to take advantage of the pressure of the water distribution network, the fall of generated gray water and the rainwater captured. In order to perform the calculations, it will be necessary to consider the storage of gray and rainwater to exploit the potential. To reach the results it was necessary to perform a hydraulic study and analyze rainfall data from the city of Delmiro Gouveia-AL. It is possible to reach an economy of almost R\$16,36 per month, the result may be higher depending on the object of study, because when it comes to the amount of rainfall, the northeast of Brazil has a very low average daily rainfall. Thus, the work presents a new scenario regarding the generation of electric energy, taking advantage of a little analyzed potential, which, depending on the situation, can promote much of the electricity consumption of a building.

Keywords: renewable sources, electricity, gray water, rainwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração de procedimento entre consumidor e distribuidora	22
Figura 2. Componentes de uma instalação hidráulica predial	26
Figura 3. Sistemas de esgotamento sanitário	29
Figura 4. Sistema das instalações de esgoto pluvial	31
Figura 5. Ciclo hidrológico	35
Figura 6. Campos de aplicação de turbinas hidráulicas	37
Figura 7. Fachada do hotel Aline.....	39
Figura 8. Piscina hotel Aline	40
Figura 9. Esquema dos reservatórios águas cinzas	42
Figura 10. Esquema dos reservatórios.....	43
Figura 11. Velocidade da saída de água do reservatório	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Consumo anual de energia elétrica pelas classes de consumo	16
Tabela 2. Crescimento anual de energia elétrica pelas classes de consumo	16
Tabela 3. Valores do coeficiente K para diversos acessórios.	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Matriz elétrica brasileira	17
Gráfico 2. Média mensal de precipitação de 1989 a 2019	47
Gráfico 3. Composição da energia total gerada	51

LISTA DE SIGLAS

AL	Alagoas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GD	Geração Distribuída
IPAF	Instalações Prediais de Água Fria
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
m ²	Metros Quadrados
m.c.a.	Metros de Coluna D'água
mm	Milímetros
MDI	Modelo de Decisão de Investimento
MME	Ministério de Minas e Energia
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
USGS	United States Geological Survey
W	Watts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	14
1.2 Problema de Pesquisa	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Geração e Consumo de Energia Elétrica	16
2.1.1 Fontes energéticas renováveis	17
2.2 Micro e Minigeração Distribuída	21
2.3 Instalações Hidráulicas Prediais	24
2.3.1 Instalações Prediais de Água Fria	24
2.3.2 Instalações de Esgoto Sanitário	27
2.3.3 Instalações de Esgoto Pluvial	29
2.4 Cargas Hidráulicas	31
2.5 Águas Cinzas	33
2.6 Águas Pluviais	34
2.7 Potência Hidráulica de Turbinas	35
2.8 Turbinas hidráulicas	36
3. METODOLOGIA	39
3.1 Objeto de Estudo	39
3.2 Cargas Hidráulicas	41
3.2.1 Carga hidráulica da rede distribuidora de água	41
3.2.2 Carga hidráulica das águas cinzas	41
3.2.3 Carga hidráulica das águas pluviais	43

3.3	Precipitação	44
3.4	Energia potencial hidráulica.....	44
3.5	Aproveitamento dos potenciais.....	45
3.5.1	Aproveitamento do potencial hidráulico da rede distribuidora de água 45	45
3.5.2	Aproveitamento do potencial hidráulico das águas cinzas	45
3.5.3	Aproveitamento do potencial hidráulico das águas pluviais.....	46
3.6	Volume dos Reservatórios do Sistema.....	46
4.	RESULTADOS	47
4.1	Dados Pluviométricos	47
4.2	Energia potencial hidráulica.....	47
4.2.1	Potencial hidráulico da rede distribuidora de água	47
4.2.2	Potencial hidráulico das águas cinzas	48
4.2.3	Aproveitamento do potencial hidráulico das águas pluviais.....	49
4.3	Potencial hidráulico total.....	50
5.	CONCLUSÃO.....	53
6.	REFERÊNCIAS.....	54
	ANEXOS	58

1. INTRODUÇÃO

A necessidade por energia elétrica é estabelecida por meio do aumento da população e do avanço tecnológico. De acordo com a EPE (2018), o consumo de eletricidade no Brasil cresceu 1,2% em relação a 2016 e, 1,1% em relação a 2017, esse crescimento torna-se evidente na área comercial, visto que, no período de 2016 para 2017, houve um crescimento de cerca de 3,7% e de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia, o consumo cresce à taxa média de 2,3% anuais entre 2017 e 2027. O aumento do consumo de energia elétrica implica no aumento de produção, e para produzir, necessita-se de uma fonte energética, sendo ela renovável ou não.

Para aumentar a produção de energia elétrica é necessário mais investimento, gerando assim expansão no setor energético. Garantir que energia elétrica chegue as residências é um grande desafio, posto isto, é fundamental planejar a capacidade de geração de energia, o que consiste em realizar análises e projeções considerando sempre o crescimento da demanda, oferta de geração e outros aspectos que auxiliem na expansão da geração de energia de acordo com a necessidade. Como forma de auxiliar na expansão do setor energético, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 vem aperfeiçoando o Modelo de Decisão de Investimentos (MDI). O MDI tem o objetivo de mostrar de que forma poderá diminuir os custos totais de investimento e operação para expansão do sistema de geração de energia. (MME/EPE, 2018).

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), as fontes energéticas podem ser classificadas em não renováveis e renováveis. Sendo as não-renováveis: petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso e outros que em geral requerem um horizonte de tempo geológico para se reporem. Já as fontes renováveis de energia são repostas imediatamente pela natureza; é o caso dos potenciais hidráulicos (quedas d'água), eólicos (ventos), a energia das marés e das ondas, a radiação solar e o calor do fundo da Terra (geotermal).

Apesar de que se tenha grande disponibilidade de fontes renováveis, ainda faz-se necessário o uso de fontes não renováveis. No Brasil, de acordo com a EPE (2019), 83,3% da geração de energia elétrica vem de fonte renovável, porém quando se trata da geração mundial, temos uma geração de aproximadamente 24% oriunda de fontes renováveis.

Devido a necessidade de energia elétrica e a grande problemática ao usar fontes não renováveis, a busca por novas formas de gerar energia elétrica através de fontes renováveis deve ser contínua.

1.1 Justificativa

Tratando de geração de energia elétrica, as hidroelétricas usam a queda d'água para converter energia potencial hidráulica em energia elétrica, no entanto não é a única forma de aproveitar o potencial hidráulico. Este trabalho tem o objetivo de apresentar formas para aproveitar a pressão de abastecimento de água da rede pública, água da chuva e águas cinzas para gerar energia elétrica. Desde então torna-se oportuno salientar que não estamos tratando de grande geração como nas de usinas hidroelétricas e sim de gerações pequenas para suprir parte do consumo de energia elétrica. De acordo com a ANEEL (2012), a resolução normativa N° 482 estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração, onde a microgeração é de um valor de potência instalada menor ou igual a 75 kW e a minigeração deve ter um valor potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW.

No estudo presente, com o intuito de apresentar um potencial que normalmente não é aproveitado, será possível explicar sobre a microgeração em instalações hidráulicas prediais, fornecendo dados para possíveis aplicações de um sistema de microgeração. A tomada de decisão é bastante importante nesse estudo, desta maneira será importante mostrar formas de instalação e além disso observar vantagens e desvantagens na aplicação do sistema. O tipo de turbinas, forma de captação de água da chuva e coleta de águas cinzas para auxiliar na geração de energia elétrica serão assuntos abordados no trabalho.

Um dos benefícios trazidos pela aplicação desse sistema de microgeração seria a diminuição de perda de energia pela transmissão, por ser uma geração de energia local e a energia gerada poderá ser consumida sem percorrer grandes distâncias de transmissão é possível diminuir perdas de energia.

O principal desafio será garantir condições de funcionamento e viabilidade do sistema com o melhor aproveitamento possível, expondo possíveis locais de aproveitamento e a instalação do sistema em si com um estudo de caso. Lembrando que, o sistema de microgeração tem o objetivo de auxiliar diminuindo os custos com

consumo de energia elétrica de uma edificação, e não de substituir o abastecimento da concessionária.

1.2 Problema de Pesquisa

Com o trabalho elaborado busca-se responder se é possível realizar o aproveitamento da pressão da rede de distribuição, da queda de águas cinzas e águas pluviais para geração de energia elétrica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Avaliar a possibilidade geração distribuída em um hotel localizado na cidade de Delmiro Gouveia-AL, do potencial hidráulico da rede de abastecimento de água, do sistema de esgoto doméstico e do sistema de esgoto pluvial.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Verificar e quantificar o aproveitamento do potencial da rede de abastecimento de água;
- Verificar e quantificar o aproveitamento do potencial das águas cinzas geradas;
- Verificar e quantificar o aproveitamento do potencial das águas pluviais captadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geração e Consumo de Energia Elétrica

De acordo como Manual de Economia de Energia da PUCRS (2010, p. 8), um dos bens de consumo mais importantes e fundamentais do ser humano é a energia elétrica, porém 75% da energia gerada no mundo é consumida por apenas 25% da população.

Em relação ao consumo, pelo fato de a energia elétrica ser bastante utilizada e muito importante para o ser humano, faz-se necessário uma grande geração e por isso é necessário aproveitar ao máximo as diversificadas fontes energéticas. Apesar disso, para garantir que a energia elétrica gerada seja o bastante para suprir a diversificadas classes de consumo, é fundamental haver dados sobre o consumo. Como forma de auxílio sobre o consumo e o crescimento, é possível observar as planilhas fornecidas pela EPE (2018) os dados de consumo e de aumento percentual mostradas nas Tabelas 1 e 2, onde é possível ver uma queda nos anos de 2015 e 2016 devido a uma resseção econômica ocorrida no Brasil.

Tabela 1. Consumo anual de energia elétrica pelas classes de consumo

CONSUMO (GWh)	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BRASIL	463.142	474.823	465.708	461.780	467.161	472.242
RESIDENCIAL	124.908	132.302	131.190	132.872	134.368	136.022
INDUSTRIAL	184.685	179.106	169.289	165.314	167.398	169.549
COMERCIAL	83.704	89.840	90.768	87.873	88.292	88.815
OUTROS	69.846	73.575	74.462	75.721	77.103	77.856

Fonte: EPE (2018)

Tabela 2. Aumento percentual anual de energia elétrica pelas classes de consumo

CRESCIMENTO (%)	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BRASIL	3,4	2,5	-1,9	-0,8	1,2	1,1
RESIDENCIAL	6,2	5,9	-0,8	1,3	1,1	1,2
INDUSTRIAL	0,7	-3,0	-5,5	-2,3	1,3	1,3
COMERCIAL	5,7	7,3	1,0	-3,2	0,5	0,6
OUTROS	3,0	5,3	1,2	1,7	1,8	1,0

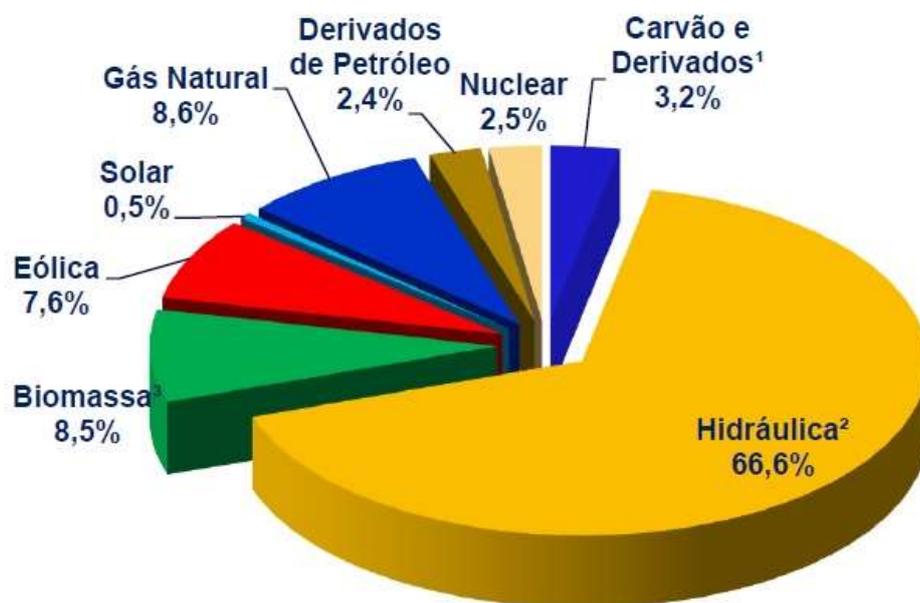
Fonte: EPE (2018)

No que se refere a outros nas Tabelas 1 e 2, podem estar inclusos os hospitais, escolas e universidades.

Para a geração de energia elétrica é necessária uma fonte básica de energia, e, de acordo com Reis (2011), a eletricidade pode ser gerada através dos seguintes processos: transformar o trabalho em energia mecânica usando turbinas hidráulicas e eólicas, transformar energia solar em elétrica usando painéis fotovoltaicos, transformar o trabalho gerado pelo calor do sol e transformar o trabalho de resultado de reações químicas.

. As fontes básicas podem ser divididas em: fontes renováveis, que são fontes que são repostas de forma mais rápida pela natureza, e as fontes não renováveis sendo o contrário. No Brasil como é mostrado no Gráfico 1, temos a composição da matriz elétrica que mostra a participação de cada fonte energética.

Gráfico 1. Matriz elétrica brasileira



Fonte: EPE (2019)

2.1.1 Fontes energéticas renováveis

De acordo com Almeida (2019), a utilização de fontes renováveis de energia tem o objetivo de diminuir os impactos causados ao meio ambiente assim como diminuir a emissão de gases de efeito estufa e o aquecimento global. Deste modo, é

necessário conhecer as fontes energéticas renováveis para que possam definir formas de aproveitá-las.

a) Energia Hidráulica

De acordo com a ANEEL (2008, p. 50), “para produzir a energia hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e os desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas d’água, ou criados artificialmente”.

A estrutura de uma usina hidroelétrica é formada por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro, onde por meio disto, cada parte exerce sua devida função tornando possível a geração de energia elétrica. Por sua vez, uma barragem é caracterizada por formar um reservatório impedindo o curso normal do rio, o reservatório tem o objetivo de formar o desnível necessário para que possa ser possível ter a queda d’água necessária para gerar as configurações de energia hidráulica, além de garantir a vazão e volume dos rios em período de chuvas ou estiagem. As turbinas são instaladas no sistema de captação e adução que pode ser formado por túneis, canais ou condutos metálicos. As turbinas são formadas por uma série de pás que são ligadas a um eixo conectado ao gerador, e é a partir da rotação do eixo que a energia cinética é convertida em energia elétrica por meio dos geradores. (ANEEL, 2008).

b) Energia Solar

De acordo com Souza (2016), praticamente quase todas as formas de energia derivam da energia solar, e a energia solar é responsável por mudar o estado físico da água, e fazendo com que aconteça a evaporação e precipitação enchendo os reservatórios de usinas hidrelétrica, assim como também aquecendo as massas de ar provando os ventos que podem ser aproveitados pelos aerogeradores e também influencia na energia de biomassa e no petróleo.

A energia solar se manifesta em forma de luz visível de raios infravermelhos e de raios ultravioletas, cada uma dessas formas que ela se manifesta pode ser aproveitada e transformada em energia elétrica ou térmica. Para aproveitá-la termicamente é necessária uma superfície escura para captar o calor, já para gerar eletricidade são necessários painéis fotovoltaicos. É possível gerar energia elétrica através de um sistema fotovoltaico que, transforma de forma direta a radiação solar

em energia elétrica onde é necessário adaptar um material semicondutor como o silício que sendo estimulado pela radiação permite o fluxo eletrônico, inicialmente na forma de corrente contínua (ANEEL, 2008).

c) Energia Eólica

De acordo com Fadigas (2011), com o mundo se recuperando da crise do petróleo de 1970, era necessário buscar aproveitar novas fontes energética, porém o Brasil passou a ver maior potencial na velocidade e direção dos ventos como fonte energética apenas a partir de 2002 e, desde então, vem investindo constantemente na tecnologia para gerar cada vez mais energia. O uso da energia cinética dos ventos não é recente e os moinhos de ventos eram utilizados na Pérsia por volta de 200 a.C., para moer grãos e bombear água.

Para ser possível gerar energia eólica é necessário que haja o contato do vento com as pás do cata-vento. Com a rotação das pás é gerada a energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador para produzir energia elétrica. Quanto maior for o tamanho das pás e velocidade do vento maior será a quantidade de energia elétrica gerada (ANEEL,2008).

O potencial eólico pode ser medido através de vários instrumentos instalados em áreas de interesse, e esses equipamentos têm o objetivo de auxiliar na escolha do local mais adequado para instalação de um parque eólico, visto que se sabe que existem vantagens e desvantagens em qualquer fonte energética, sendo necessário para instalação uma boa indicação de potencial. Um aerogerador de eixo horizontal é composto por pás do rotor, cubo do rotor, eixo de baixa rotação, eixo de alta rotação, caixa de multiplicação de velocidade, gerador elétrico, nacelle, torre, conexão com a rede e fundação. As pás têm a função de transformar a energia mecânica eólica em energia mecânica de rotação, que é acoplada ao eixo principal de rotação da máquina através do cubo do rotor. Já a caixa de multiplicação de velocidade é o mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do gerador elétrico, que por sua vez converte a energia mecânica do eixo do rotor em energia elétrica e todos os componentes de um aerogerador são fixados e alojados no nacelle, que nada mais é que um compartimento. Por fim, a torre tem a função de suportar o rotor e a nacelle a uma altura específica da superfície do solo através de uma fundação (Fadigas, 2011).

d) Energia Biomassa

De acordo com a ANEEL (2008, p. 67), “qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa”. Além de que a biomassa é uma das fontes energética de maior potencial de crescimento nos últimos anos, através da biomassa é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o etanol.

A biomassa é considerada uma fonte primária de energia e fontes primeiras de energia podem ser renováveis ou não. Sendo as não renováveis derivadas do petróleo que demoram muito para serem repostas pela natureza, e as renováveis que podem ser repostas para natureza de maneira rápida. A biomassa é uma fonte energética renovável derivada da biomassa florestal, resíduos animais, humanos e industriais. Para produzir energia através dos biocombustíveis, são necessárias tecnologias de alto nível em conjunto com processos complexo. Os processos podem ser classificados em combustão, carbonização, gaseificação e hidrólise. A combustão do material de forma completa é a forma mais simples de obter energia, onde o calor gerado é usado para aquecimento ou produção de vapor em caldeiras. A carbonização é o processo de queima da madeira em atmosfera controlada, onde a madeira é decomposta pela ação da temperatura e a fração sólida formando carvão vegetal e outros subprodutos líquidos ou gasosos. Já a gaseificação é um processo termoquímico que decompõe a matéria orgânica gerando um gás que pode ser aproveitado como combustível para gerar energia. Por fim, a hidrólise seria a parte da biomassa composta de carboidratos e açúcar que pode ser dividido em monossacarídeos, dissacarídeos, trissacarídeos, tetrassacarídeos, e polissacarídeos que através da hidrólise podem gerar combustíveis como o etanol (Brand, 2010).

e) Energia Geotérmica

A energia geotérmica é obtida pelo calor que existe no interior da Terra. Existem duas formas para aproveitar o calor, através de gêiseres que são fontes naturais de água quente e através do aquecimento da água com o calor existente no interior das rochas (ANEEL, 2008).

É possível gerar energia elétrica através de três tipos de usinas geotérmicas, sendo elas: usinas geotérmicas de vapor direto, usinas de vapor de flash e usinas binárias. Usinas geotérmicas de vapor direto usa o recurso do vapor diretamente do

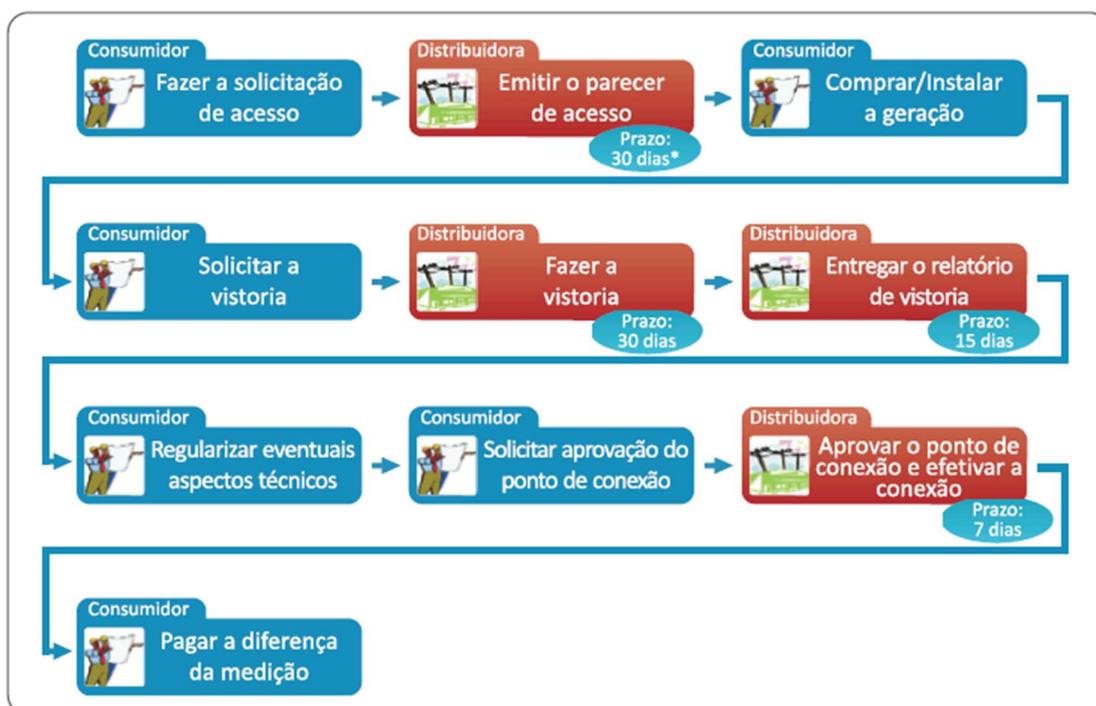
poço, onde o vapor depois de passar por um separador de partículas alimenta uma turbina gerando energia elétrica. Já as usinas de vapor de flash são instaladas em casos onde os recursos geotérmicos podem ser água com temperatura elevada ou há uma combinação de vapor e água quente, e o funcionamento deste tipo de usina dá-se com a água sendo colocada em um tanque onde o vapor começa a ser direcionado para a turbina e a água restante pode ser direcionada para eliminação ou para reuso em outro tanque realizando o mesmo procedimento. Por fim, as usinas binárias utilizam um segundo fluido para operar a turbina em vez do vapor geotérmico, onde o fluido geotérmico transfere seu calor para um segundo fluido fervendo-lhe e o seu vapor é passado para turbina (Rafferty, 2000).

2.2 Micro e Minigeração Distribuída

De acordo com a ANEEL (2016), a micro e a minigeração distribuída consiste em utilizar fontes renováveis como a hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada para produzir energia elétrica através de pequenas centrais que são conectadas a rede distribuição por meio de unidade consumidora. Então um sistema de micro e minigeração seriam uma forma de auxiliar no consumo de energia elétrica, e por se basear em fontes energéticas renováveis, o sistema se torna bastante benéfico, porém, ainda que seja bastante benéfico não há muito investimento em sistemas do tipo, ainda se trata tecnologia nova e além do custo que a curto prazo pode tornar o sistema um investimento não tão atraente há uma carência significativa de mão-de-obra capacitada.

Em sistemas de micro e minigeração é necessário seguir alguns procedimentos para viabilizar o acesso. Para ter acesso é necessário o requerimento formulado pelo consumidor, e depois será entregue para a distribuidora. Para que um sistema de microgeração ou minigeração passe a funcionar, é necessário seguir alguns procedimentos, que têm o objetivo de garantir que haja um projeto de instalação e que siga as exigências solicitadas pelas distribuidoras. O projeto pode garantir padrões para instalação e o uso do sistema, proporcionando segurança e funcionamento do sistema. Para que seja possível ter um sistema de micro e minigeração distribuída, será necessário passar por algumas etapas de procedimento entre consumidor e distribuidora, que estarão mostradas na Figura 1 (ANEEL, 2016).

Figura 1. Ilustração de procedimento entre consumidor e distribuidora



Fonte: ANEEL (2016)

O principal objetivo de um sistema de micro e minigeração é garantir a satisfação do consumidor final, e para isso, é necessário que os sistemas de medição atendam algumas especificações exigidas para unidades consumidoras conectadas ao mesmo nível de tensão da microgeração ou minigeração distribuída. No sistema deve ser realizada a medição da energia elétrica consumida e da energia elétrica gerada, e com a medição é possível saber o quanto está sendo gerado pelo sistema e quanto está sendo consumido pelo usuário, isso permite que em casos de maior geração de energia elétrica do que consumo possa haver a compensação de energia elétrica, que é uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa nº 482/2012. De acordo com a ANEEL (2016), quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.

Em casos de sistema de microgeração ou minigeração de geração compartilhada, como em condomínios, o crédito gerado pode ser utilizado em qualquer residência previamente cadastrada, e o consumidor que possui crédito pode disponibilizá-lo para outra residência que esteja cadastrada. Segundo a ANEEL (2016), geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas

unidades consumidoras (condomínios), em local diferente do ponto de consumo, são definidas da seguinte forma:

- a) Geração compartilhada: é determinada com a união de consumidores dentro de uma mesma área de concessão ou permissão, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- b) Autoconsumo remoto: se trata de unidades consumidoras de uma única titularidade que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída;
- c) Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios): onde a responsabilidade é do condomínio ou da administração garantir a utilização da energia elétrica, assim como toda instalação do sistema de microgeração ou minigeração distribuída, sendo que as unidades consumidoras devem estar na mesma propriedade.

De acordo com a ANEEL (2016), faz-se necessário a divisão de consumidores em dois grupos, sendo eles grupo A e grupo B. Sendo o grupo A voltado ao consumidor de alta tensão e o grupo B voltado para o consumidor de baixa tensão, a divisão entre esses grupos tem o objetivo de auxiliar na interpretação de compensação de energia elétrica.

Quando se trata de qualquer tecnologia ou inovação, é necessária uma análise íntegra para que possam ser identificadas possíveis vantagens e desvantagens. No caso da geração distribuída (GD) de acordo com Barbosa e Azevedo (2013), as vantagens e desvantagens podem estar presente na sociedade, meio ambiente e no setor elétrico. Podendo ser as vantagens: a qualidade e confiabilidade superiores do abastecimento por meio de tecnologias de GD - porque o seu sistema elétrico não aceita variações de frequência e/ou tensão - , a eletricidade gerada pela GD tem menor custo para o consumidor, geração de empregos e estabilidade na produção pela indústria nacional gerando desenvolvimento econômico, minimização dos impactos ambientais pela redução das necessidades de grandes instalações de geração de cargas e extensas linhas de transmissão, diminuição do uso de fontes de energia não renováveis e aumento da estabilidade do sistema elétrico pela existência de reservas de geração distribuída. E desvantagens:

possível tempo de amortização elevado devido ao custo do sistema, a concessionária a qual vai se conectar um produtor independente pode ser apenas transportadora e não compradora da energia que lhe é entregue por aquele produtor para um cliente remoto, maior complexidade no planejamento e na operação do sistema elétrico.

No Brasil, o número de conexões de micro e minigeração de energia chegou a mais de 20 mil instalações, com atendimento a 30 mil unidades consumidoras, o que representa uma potência instalada de 247,30 MW – suficiente para atender 367 mil residências, e dentre elas, a fonte mais utilizada pelos consumidores-geradores é a solar com 20.666 adesões, seguida de termelétrica a biomassa ou biogás, com 76 instalações (ANEEL, 2018).

2.3 Instalações Hidráulicas Prediais

Para poder verificar o potencial energético hidráulico de uma edificação é necessário ter conhecimento sobre instalações hidráulicas prediais. Ter conhecimento sobre uma instalação hidráulica predial significa saber qual a forma de alimentação, vazões, variação de pressão, perda de carga, esgoto sanitário e coleta de água pluvial. Tendo conhecimento necessário sobre a instalações hidráulicas é possível observar pontos de pressão. Conhecendo, observando e manipulando tais pontos é possível aproveitá-los como fonte energética.

2.3.1 Instalações Prediais de Água Fria

Uma instalação predial de água fria é composta por um conjunto de canalizações, conexões, aparelhos e ferramentas que juntos permitem o consumo de água nos pontos de utilização: chuveiros, lavatórios, bidês vasos sanitários, pias e etc. (Melo e Netto, 2009).

De acordo com a NBR-5626/98 os objetivos de uma instalação predial de água fria (IPAF) são: preservar a qualidade da água, garantir fornecimento contínuo de água aos usuários, limitar valores de pressões e velocidades promovendo conforto aos usuários e evitar níveis elevado de ruído na instalação.

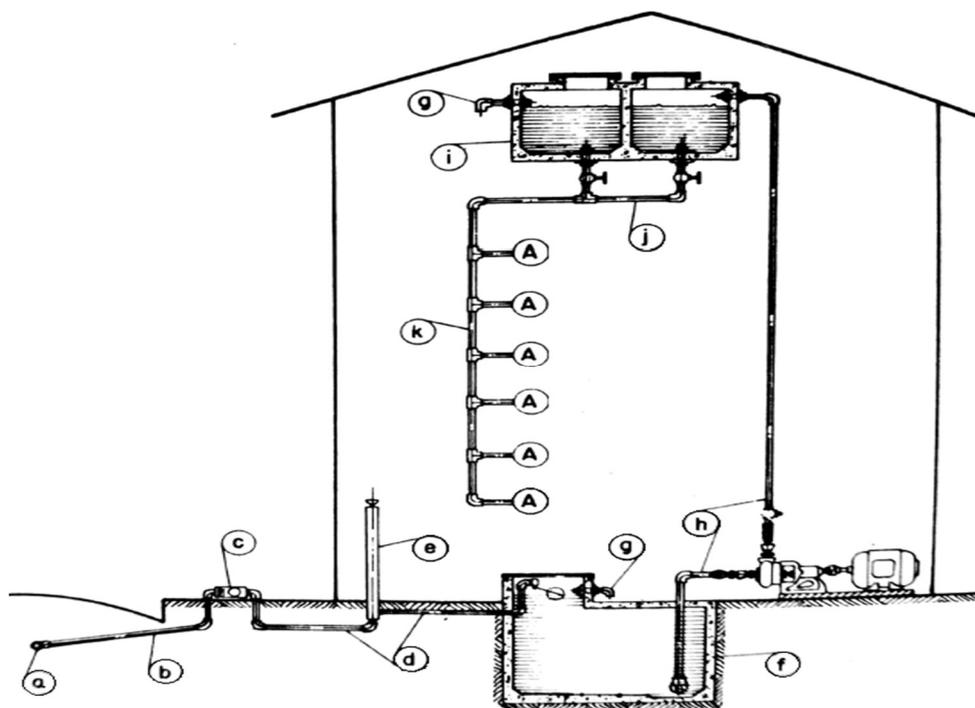
Para melhor entendimento de uma instalação de água fria é considerado uma edificação com vários pavimentos superpostos onde a altura está acima do alcance das pressões do abastecimento da rede pública o que causaria a necessidade do uso de dois reservatórios. Sendo assim, de acordo com Melo e Netto (2009) temos as seguintes partes componentes de uma instalação predial:

- a) Rede pública de distribuição de água: é de propriedade de uma concessionária e é responsável pelo abastecimento da água até o local da edificação.
- b) Ramal predial: é a tubulação localizada entre a rede pública de distribuição e o hidrômetro onde as despesas são por conta do consumidor porém a execução é feita pela concessionária.
- c) Hidrômetro: aparelho que tem a função de medir o consumo de água, deve ser instalado fora da edificação para que seja garantido o fácil acesso da concessionária.
- d) Ramal de alimentação: é a tubulação entre o hidrômetro e o reservatório de acumulação.
- e) Coluna piezométrica: é um dispositivo instalado somente quando o reservatório estiver abaixo da cota do meio fio que tem o objetivo de regular o nível piezométrico.
- f) Reservatório inferior: é um reservatório que sua aplicação se dá em caso onde a pressão na rede é suficiente para abastecimento do reservatório no topo da edificação.
- g) Extravasor: serve para regularizar o nível máximo do reservatório em caso de não funcionamento da válvula da boia.
- h) Sistema de recalque: sempre presente em casos que tenha transporte líquido de um reservatório inferior para outro localizado no superior de uma edificação. Neste caso será necessário dois conjuntos de motobombas. O conjunto de bombas estará ligado a uma canalização de sucção que tem a função de conduzir água.
- i) Reservatório superior: os reservatórios superiores como o próprio nome deixa explícito, é um reservatório localizado na parte superior de uma edificação.
- j) Colar ou Barrilete: fica localizado abaixo do reservatório superior e acima da laje de forro, provido de registros de gaveta que controlam toda distribuição da água.
- k) Coluna: é a canalização vertical que se inicia no barrilete e abastece os ramais.
- l) Ramal: é a canalização que fica localizada entre a coluna e os sub-ramais.

m) Sub-ramal: É a canalização que fica localizada entre o ramal e os pontos de utilização.

Os componentes podem ser identificados na Figura 2:

Figura 2. Componentes de uma instalação hidráulica predial



Fonte: Melo e Netto (2009)

É comum que a alimentação da rede de distribuição predial seja feita por um distribuidor público, mas também pode ser por fonte particular em casos de usar nascentes e poços, desde que seja garantida a potabilidade através de estudos em laboratório. Existem casos de que pode haver o abastecimento misto onde é realizada pelos dois tipos de fontes (Creder, 2012).

Sobre a distribuição, Creder (2012) informa quatro tipos de sistema de distribuição, sendo eles:

- a) Sistema direto de distribuição: Neste caso a pressão da rede pública é suficiente e usa o sistema direto na distribuição sem o uso de reservatório, porem requer um abastecimento contínuo.
- b) Sistema indireto de distribuição sem bombeamento: Esse seria o sistema mais comum, onde a pressão é suficiente, mas não há

continuidade no abastecimento e é necessário fazer o uso de um ou mais reservatórios, isso vai depender do consumo.

- c) Sistema indireto de distribuição, com bombeamento: Seria uma situação em que a pressão é insuficiente e não tenha continuidade no abastecimento, o que torna necessário usar um reservatório inferior e superior, juntamente com um sistema de bombeamento.
- d) Sistema hidropneumático de distribuição: É um sistema que impulsiona a água com a pressão de um tanque, garantindo uma pressão contínua e dispensa uso de reservatório superior, porém é uma instalação cara, e só é recomendada em algumas situações.

2.3.2 Instalações de Esgoto Sanitário

De acordo com a NBR-8161 (1999, p. 3), “o sistema de esgoto sanitário tem por funções básicas coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado”.

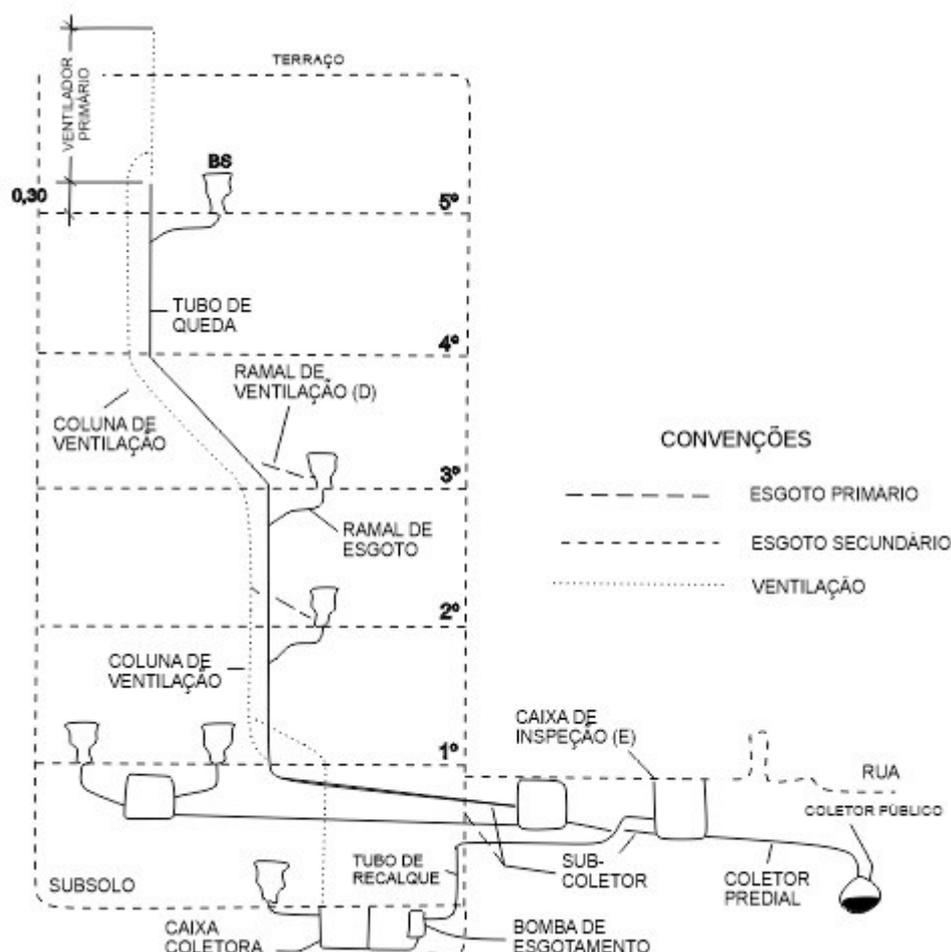
O esgotamento sanitário pode ser dividido em três partes: esgoto secundário, esgoto primário e ventilação. Onde o esgoto secundário é a parte do esgoto que vai dos aparelhos de utilização até a caixa sifonada. Já o primário tem contato com os gases provenientes do coletor público ou fossa. Por fim, a ventilação é necessária em toda rede de esgoto primário para dar escape aos gases da rede interna ou pública e manter a pressão atmosférica dentro da tubulação quando houver descargas dos aparelhos (Melo e Netto, 2009).

De acordo com Creder (2012), além da divisão do esgotamento sanitário, tem-se algumas definições e componentes do sistema de esgotamento sanitário, sendo eles descritos e ilustrados na Figura 3.

- a) Coletor público: É a tubulação de propriedade do sistema público de esgotos sanitários, que tem função de receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais;
- b) Coletor predial: É parte da tubulação que finca entre a última inserção de sub-coletor, ramal de esgoto ou de descargas e o coletor público;
- c) Sub-coletor: É a tubulação que recebe efluentes um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto;

- d) Caixas de inspeção: Caixa que tem a função de permitir a inspeção. Limpeza de desobstrução das tubulações;
- e) Bomba de esgotamento: É um modelo de bomba que tem a função de movimentar esgoto na tubulação de recalque;
- f) Tubo de recalque: É a tubulação responsável por receber esgotos diretamente da bomba de esgotamento;
- g) Caixa coletora: É a caixa que reúne os refugos líquidos que exigem elevação mecânica;
- h) Coluna de ventilação: É o tubo vertical que tem a função de garantir a ventilação das tubulações cuja a extremidade superior deve ser aberta à atmosfera;
- i) Ramal de esgoto: É a tubulação que recebe os efluentes dos ramais de descargas;
- j) Ramal de ventilação: Tubo ventilador que tem a função de interligar o ramal de descarga de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação;
- k) Tubo de queda: É a tubulação vertical que recebe efluentes dos sub-coletores, ramais de esgotos e descargas;
- l) Bacia sanitária: Aparelho sanitários destinado a receber somente os dejetos humanos;
- m) Ventilador primário: É uma tubulação prolongada do tubo de queda acima do ramal mais alto, com uma extremidade aberta à atmosfera.

Figura 3. Sistemas de esgotamento sanitário



Fonte: Creder (2012)

É válido lembrar que alguns dos componentes citados como: bomba sanitária, não estão presentes em todas as instalações de esgotamento, cada situação necessita de uma concepção diferente e por isso é necessário analisar cada situação.

2.3.3 Instalações de Esgoto Pluvial

De acordo com Milito (2009), as instalações de esgoto pluviais têm a função de drenar as águas pluviais captadas pelas coberturas. As águas pluviais captadas pelos telhados são conduzidas até as calhas que tem função de levar a água até os condutores.

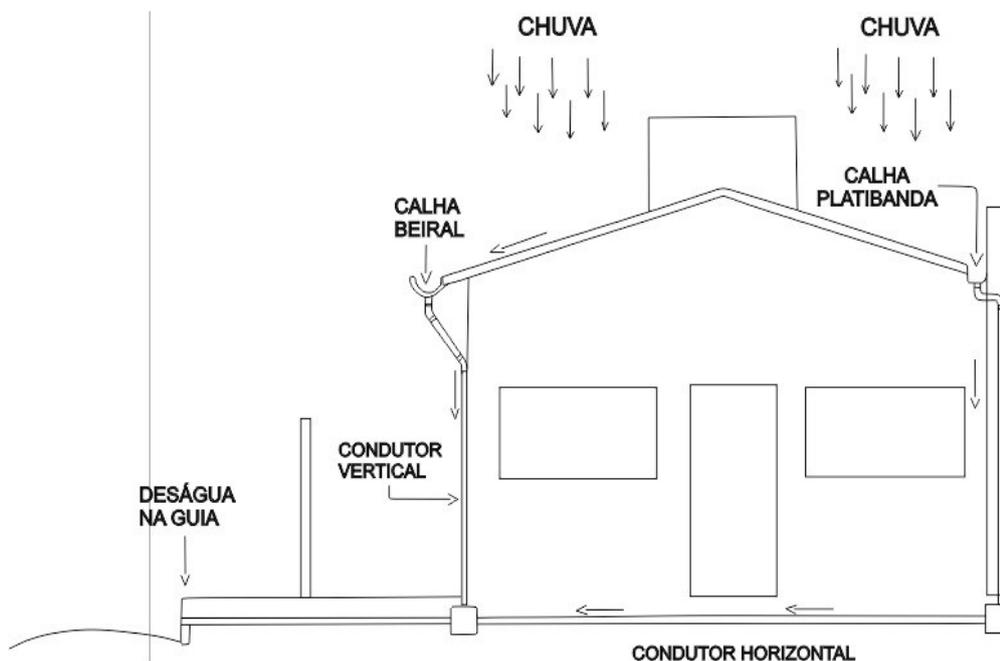
Segundo Carvalho Júnior (2013) as coberturas das edificações protegem determinada área das águas pluviais, nesta área o volume de água de chuva que é captado pela cobertura é destinado aos dispositivos das instalações pluviais. Para

melhor entender as instalações de esgoto pluviais é importante ter conhecimento das definições e partes das instalações de esgoto pluvial

- a) Altura pluviométrica: É o volume de água precipitada por unidade de área horizontal, normalmente medida em mm para cada metro quadrado, onde cada 1mm de chuva precipitada corresponde a 1litro de água por metro quadrado;
- b) Área de contribuição: É a área ou soma das áreas das superfícies que intercepta a chuva e conduz para as instalações desejada;
- c) Calha: É o equipamento semelhante a um canal que recolhe a água das coberturas e conduz para um ponto específico de destino, tendo entre os tipos de calha: calha de água-furtada, calha de beiral e calha de platibanda;
- d) Condutores: São as canalizações verticais responsável por transportar as águas coletadas pelas calhas e de acordo com a NBR 10844 (1989) o diâmetro mínimo dos condutores deve ser 70mm;
- e) Coletores: Os coletores é a tubulação responsável por conduzir a água dos condutores até o sistema público de águas pluviais;
- f) Rufos e pingadeiras: São componentes responsáveis pro auxiliar na condução da água até as calhas que tem.

É possível entender de melhor maneira o sistema das instalações de esgoto pluvial na Figura 4.

Figura 4. Sistema das instalações de esgoto pluvial



Fonte: Adaptado Carvalho Júnior (2013)

De modo geral as instalações de águas pluviais fazem o controle do recolhimento e condução das águas das chuvas para que possam ser transportadas das coberturas até a rede de esgoto, para que possam ser evitadas infiltrações, alagamentos, entre outros acontecimentos devido a falta de instalações de esgoto pluvial.

2.4 Cargas Hidráulicas

De acordo com Iorra (2013), para gerar energia elétrica através das instalações hidráulicas prediais existem três situações: o aproveitamento da pressão normal da rede de abastecimento, aproveitamento das águas cinzas geradas e águas das chuvas, sendo assim as cargas hidráulicas ou cargas totais analisadas, serão oriundas das situações citadas.

De acordo com Brunetti (2008), carga ou altura manométrica é a energia retirada da unidade peso do fluido pela turbina, para efeitos de cálculos pode ser considerada a hipótese de fluido ideal, ou seja, um fluido que suas características não se alteram quando submetidos pressão.

Através da equação da energia de Bernoulli que permite analisar algumas hipóteses que serviram de alicerce, um dos objetivos é determinar a velocidade da

água. Com a velocidade da água e o diâmetro da tubulação pode determinar a vazão máxima de água. A seguir está descrita a equação de Bernoulli (Brunetti, 2008).

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

$z_1, z_2 =$ Carga potencial;

$v_1, v_2 =$ Velocidade média do fluido;

$g =$ Aceleração da gravidade;

$p_1, p_2 =$ Pressão;

$\gamma =$ peso específica do fluido.

De acordo com Porto (2006), o teorema de Vaschy-Buckingham ou teorema fundamental da análise dimensional que é um instrumento de grande importância na hidráulica experimental, o número de Reynolds caracteriza o tipo de escoamento do fluido dentro da tubulação. O escoamento pode ser laminar, turbulento ou de transicional, onde o escoamento laminar é determinado pelo valor do número de Reynolds < 2300 , já turbulento é para valores > 4000 , dentro desse intervalo encontra o escoamento transicional. O número de Reynolds é adimensional e pode ser determinado pela seguinte equação.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

$\rho =$ Massa específica do fluido;

$v =$ Velocidade média do fluido;

$D =$ Diâmetro da tubulação;

$\mu =$ Viscosidade dinâmica do fluido.

As instalações hidráulicas prediais normalmente apresentam um escoamento em regime turbulento com um o número de Reynolds bastante elevado. Para determinar a perda de carga localizada em situações onde o número de Reynolds é maior que 10^5 , pode ser utilizado o coeficiente adimensional K, que depende da

geometria da conexão. Sendo assim a perda de carga localizada pode ser determinada pela seguinte equação (Porto, 2006).

$$\Delta h = \Sigma K \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

k = Coeficiente de perda de carga de acessórios;

v = Velocidade média do fluido;

g = Aceleração da gravidade.

Tabela 3. Valores do coeficiente K para diversos acessórios.

Acessório	K	Acessório	K
Cotovelo de 90° raio curto	0,9	Válvula de gaveta aberta	0,2
Cotovelo de 90° raio longo	0,6	Válvula de ângulo aberta	5,0
Cotovelo de 45°	0,4	Válvula de globo aberta	10
Curva de 90°	0,4	Válvula de pé com crivo	10
Curva de 45°	0,2	Válvula de retenção	3,0
Tê, passagem direta	0,9	Curva de retorno, $\alpha=180^\circ$	2,2
Tê, passagem lateral	2,0	Válvula de boia	6,0

Fonte: Adaptado Porto (2006).

2.5 Águas Cinzas

De acordo com o IPT (2016), as águas cinzas são as águas provindas dos tanques, máquinas de lavar roupas e de banhos. Ou seja, as águas cinzas fazem parte do esgoto doméstico, e não são consideradas como águas cinzas as águas já utilizadas das pias de cozinha e das bacias sanitárias. As águas provenientes das pias de cozinha e das bacias sanitárias podem ser denominadas como águas negras.

O reuso de águas cinzas é mais indicado por ter uma menor carga orgânica quando comparadas as águas negras. O reuso de águas cinzas ao invés das águas negras resultam em um menor custo com tratamento e dependendo do sistema de reuso necessita de uma menor quantidade de manutenção. O tratamento é necessário porque as águas cinzas só podem ser reusadas quando passarem por um processo de desinfecção para a redução de coliformes. As águas cinzas podem ser tratadas através de sistemas simples de tratamento e podem ser utilizadas para molhar jardins e lavar pisos (Rebêlo, 2011).

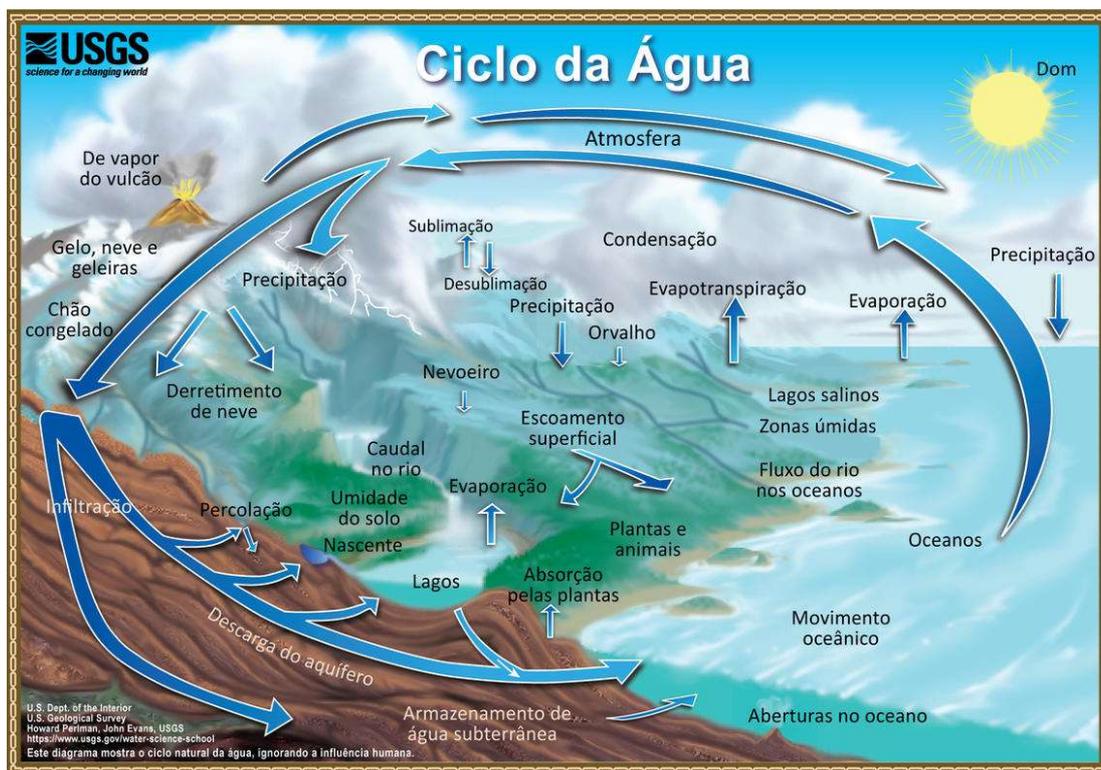
De acordo com Higiplus (2018), o Brasil conta com o maior potencial hídrico do planeta, porém, mesmo sendo essa potência, é preciso fazer a racionalização dos recursos hídricos. No Brasil, Resolução N° 54 (2005) estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso não potável de água, e a Resolução N° 54 mostra a importância do reuso consciente dos recursos hídricos além de relatar a necessidade de incentivos e promoção de programas de capacitação para o reuso.

Segundo Friedler et al (2005), quando a demanda urbana de consumo de água está entre 100 e 150 L/hab/dia, cerca de 60 a 70% são transformadas em águas cinzas. É importante que sejam utilizadas as águas cinzas para a geração de energia pois têm menos resíduos e isso garante que seja diminuída a quantidade de manutenção e limpeza nos reservatórios e turbina.

2.6 Águas Pluviais

A relação da engenharia com as águas da chuva é de longa data, devido à grande urbanização a água da chuva pode se tornar problema para as estruturas e infraestrutura. A água da chuva pertence a um ciclo constante denominado ciclo hidrológico. O ciclo hidrológico é o ciclo onde as águas dos corpos hídricos evaporam e, através da precipitação da chuva, a ele retornam. O ciclo hidrológico é composto pelas etapas de evaporação da água dos oceanos e lagos, formação de nuvens, deslocamentos das nuvens em padrões climáticos globais, precipitação na forma de chuva, neve ou granizo, escoamento da chuva pela superfície terrestre, infiltração, percolação, evapotranspiração e por último o retorno para os oceanos e lagos (Gribbin, 2014). Na Figura 5 é ilustrado todo o ciclo hidrológico.

Figura 5. Ciclo hidrológico



Fonte: USGS (2018).

De acordo com Macintyre (2012), estudar a precipitação pluvial é importante para obter dados que possam ser utilizados em projetos de meios de coleta e condução das águas de chuva. Através do estudo da precipitação, é possível evitar inundações nas edificações e até mesmo aproveitar as águas pluviais para alguns usos específicos, como irrigação de jardins e lavagem de calçadas e ruas.

De acordo com a NBR 10844 (1989), a chuva precipitada em edificação tem sua quantidade de acordo com a área de contribuição, ou seja, a área de superfície da cobertura. As águas pluviais devem ser drenadas para que não haja empoçamento e infiltração nas lajes.

2.7 Potência Hidráulica de Turbinas

De acordo com Porto (2006), as turbinas são máquinas hidráulicas que tem a função de extrair energia do escoamento do fluido. Para estimar a potência da turbina é necessário ter dados como: rendimento da turbina, tipo de fluido (água, óleo e etc.), quantidade de fluido que passa pela turbina e altura manométrica.

Para a análise da energia potencial da turbina de acordo com Halliday e Resnick (2012), uma partícula que se move verticalmente de um ponto inicial para um

final realiza um trabalho, e este trabalho corresponde a energia potencial gravitacional. Calculando a energia potencial é possível escolher como usá-la ou armazená-la, e ainda é possível calcular a energia potencial de queda d'água através da equação 04.

$$E_{tot} = m \cdot g \cdot h \quad (\text{Equação 04})$$

Onde:

E_{tot} = Energia potencial;

m = Massa do objeto/substância;

g = Aceleração da gravidade;

h = Altura.

$$m = \rho \cdot V \quad (\text{Equação 05})$$

Onde:

ρ = massa específica da água

V = Volume de água que passará pela turbina a água

Para converter a energia potencial em energia elétrica, devem ser levados em consideração o rendimento do equipamento utilizado para gerar energia elétrica. Com isso, substituindo a equação 05 em 04 é possível chegar equação 06.

$$E_{tot} = \eta \cdot \rho \cdot V \cdot g \cdot H \quad (\text{Equação 06})$$

Onde:

η = rendimento da turbina;

H = Altura manométrica.

2.8 Turbinas hidráulicas

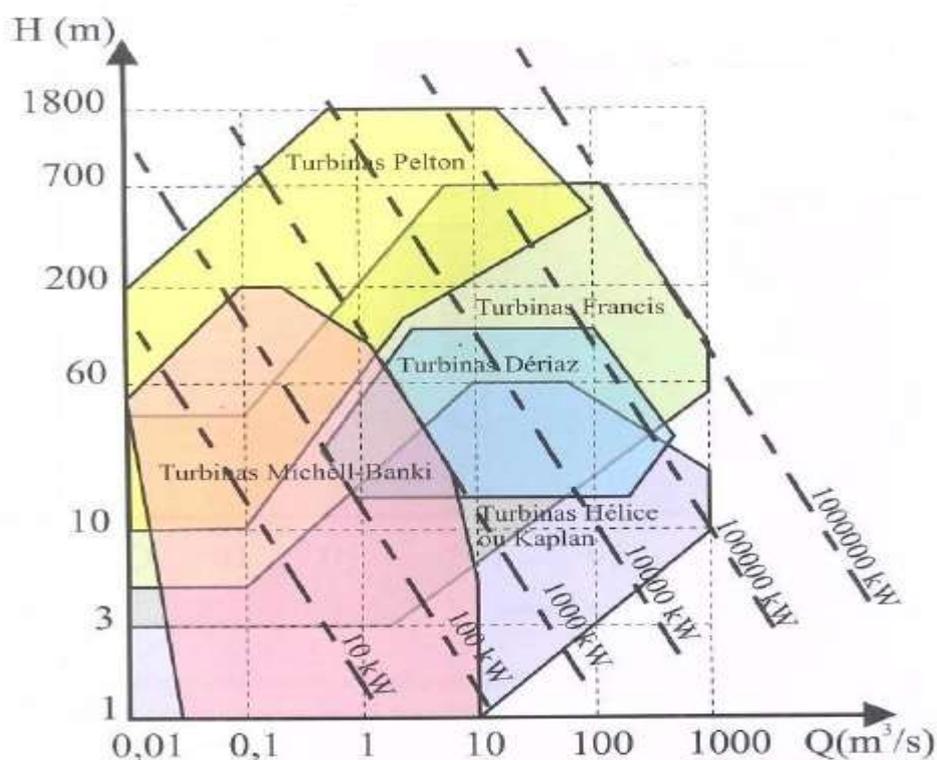
Utilizar a força d'água é um desafio tratado a décadas e através de turbinas é possível aproveitar esta força, inicialmente as turbinas somente transferia a energia potencial através de eixos para moinhos e não transformavam a energia mecânica em energia elétrica, mas com os geradores acoplados as turbinas é possível transformar energia mecânica em elétrica. As turbinas podem ser classificadas em dois tipos, turbinas de ação onde é aproveitada a velocidade do fluxo da água para girar a turbina e a turbina de reação que usa a velocidade e a diferença (Simões, 2013).

Segundo Adam (1993) “Uma turbina converte energia na forma de queda de água em potência rotativa”. A escolha das turbinas hidráulicas consiste em escolher o tipo de turbina que melhor se adequa ao projeto com o melhor desempenho. As turbinas são dispositivos fluido mecânicos que direcionam o fluxo para as pás que ficam fixas a um elemento rotativo.

Quanto as turbinas de reação têm-se as turbinas Francis, Kaplan, Propeller e Dériaz. Já turbinas de ação a turbina Pelton é um bom exemplo, mas ainda existe as turbinas de fluxos cruzados conhecidas como turbina Michell-Bank (Simões 2013).

A escolha da turbina depende do campo de aplicação e pode feita através de diagramas ou tabelas, que relacionam a vazão Q e a altura H de queda, a Figura 6 mostra as faixas de aplicação do fluxo de água e altura recomendada para vários tipos de turbina (Henn 2006).

Figura 6. Campos de aplicação de turbinas hidráulicas



Fonte: Henn (2006).

De acordo com Caus e Michels (2014) o rendimento de uma turbina corresponde as perdas no processo de geração de energia. Os principais tipos de turbinas como Francis, Pelto e Kaplan podem ter uma eficiência energética acima de 80%. As turbinas citadas tem sua forma de trabalhar e tipo de hélice, podendo ser adaptadas para cada tipo de caso.

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto de Estudo

Através de um estudo de caso é possível obter resultados mais concretos que representem a quantidade de energia elétrica que é possível ser gerada. Para este estudo de caso o objeto de estudo será o hotel Aline, localizado na AL-145, bairro Cidade Universitária, Delmiro Gouveia-AL. O hotel é composto por quatro pavimentos, onde o pavimento térreo é o único que apresenta instalações diferentes por ter o restaurante e a ala administrativa. No anexo 1 é possível ver a planta de corte de hotel.

Os pavimentos do hotel possuem o mesmo pé direito de 2,9 metros, o pavimento térreo tem um total de 19 quartos, sendo um deles plus, para cada um dos outros três pavimentos um total de 30 quartos sendo um deles plus e para cada quarto tem-se 02 camas. Nos Anexos 2 e 3 estão representadas as plantas baixas dos pavimentos.

Por mais que esteja localizado em uma cidade do interior nordestino se trata de um hotel de 4 estrelas, situado próximo de pontos turísticos como o Mirante de Piranhas-AL, Usina Hidrelétrica de Xingó, Museu do Cangaço e muitos outros. Além do porte do hotel as suas comodidades da piscina e restaurante podem ser utilizadas por pessoas que não são hóspedes, onde essas comodidades funcionam como um clube privado, nas Figuras 7 e 8 tem-se imagens do hotel.

Figura 7. Fachada do hotel Aline



Fonte: Tripadvisor.

Figura 8. Piscina hotel Aline



Fonte: Tripadvisor.

Por se tratar de um hotel, onde existe uma variação constante da quantidade de hóspedes e não foi fornecida a ocupação média diária do hotel, para que seja possível estimar o volume de água consumido de maneira que possa apresentar resultados mais otimistas será considerado uma lotação de 70% do hotel. Essa consideração é necessária para garantir um resultado mais próspero para potencial e mais aproximado da realidade.

É de suma importância ter conhecimento do consumo médio de água, o consumo de água pode variar de acordo com o perfil do hospede do hotel, porem será considerado um consumo médio, já que para o aproveitamento do potencial é necessário ter o consumo de água. De acordo com Carvalho Júnior (2013), para hotéis sem cozinha temos um consumo de 120L/dia de água por hóspede, esse consumo médio é o que possibilita estimar o volume total de água juntamente como o número de hóspedes do hotel.

As instalações do pavimento térreo do hotel ocupam uma área $878,02\text{m}^2$, a área de cobertura da edificação (área de contribuição) tem o total de $807,5\text{m}^2$ e é através dessa área que será analisado o volume de chuva de acordo com a precipitação média da região.

3.2 Cargas Hidráulicas

Como deseja-se aproveitar o potencial da rede de abastecimento de água, das águas cinzas geradas e das águas pluviais captadas, cada uma das situações necessitarão de uma interpretação diferente que possa tornar possível a geração de energia. Como são situações diferentes, a altura manométrica também será diferente e precisará ser analisada.

A altura manométrica vai variar de acordo com a perda de carga, por se tratar de um sistema de instalações bem similar as instalações hidráulicas prediais, só serão consideradas as perdas de cargas localizadas. Normalmente as instalações hidráulicas prediais apresentam escoamento turbulento, mas é possível determinar o escoamento através do número de Reynolds e a partir de então é possível determinar qual equação utilizar para calcular a perda de carga e altura manométrica.

3.2.1 Carga hidráulica da rede distribuidora de água

Para garantir que os reservatórios superiores do hotel Aline possam ser abastecidos, é preciso uma pressão dinâmica de pelo menos 16mca, pois o hotel tem uma altura total de 14,92m. De acordo com a NBR 12218 (2017), a pressão dinâmica mínima que deve ser garantida nas tubulações distribuidoras é de 10mca, sendo assim, o mínimo não é o suficiente para garantir que a água chegue aos reservatórios superiores, o que torna necessário o uso de um sistema indireto de distribuição, com bombeamento.

Para saber a pressão da rede distribuidora de água que chega até a turbina, seria necessário um piezômetro que é um equipamento que mede a compressibilidade de fluidos em tubulações, por não haver este equipamento e não ser possível a aferição *in loco* para efeitos de cálculo, será considerado uma pressão dinâmica de 15mca.

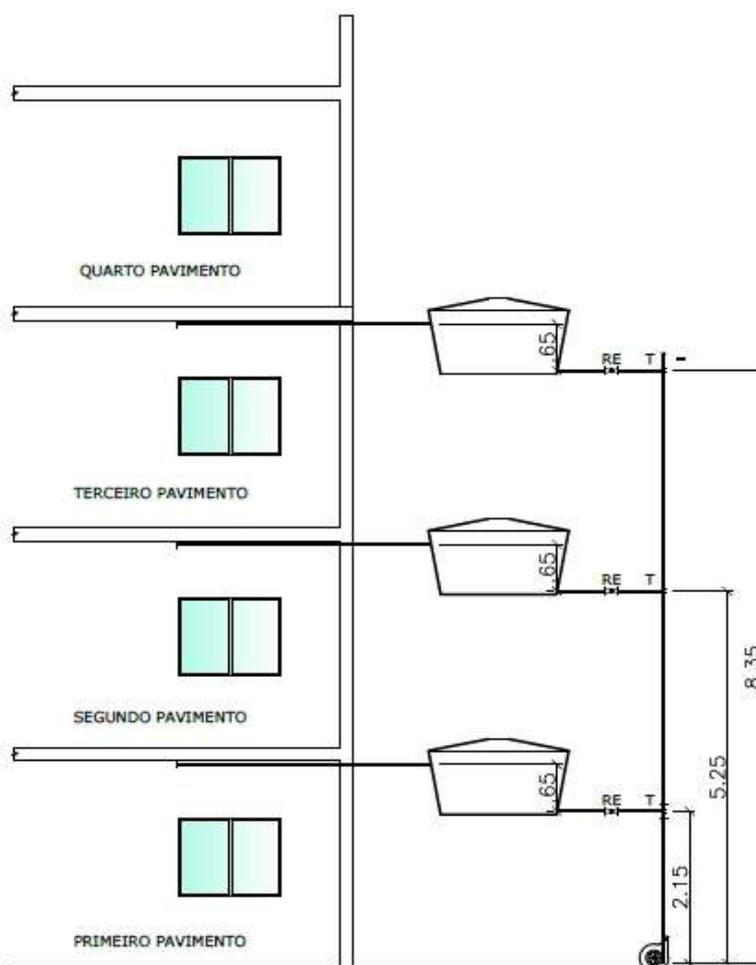
3.2.2 Carga hidráulica das águas cinzas

A carga hidráulica das águas cinzas será diferente em cada andar. Para aproveitar o potencial das águas cinzas geradas, deve-se armazenar água em reservatórios assim como é feito em PCHs. Através dos reservatórios, é possível ter um maior controle do fluxo de água e melhor aproveitamento do potencial. Sendo assim, para cada andar será utilizado um reservatório e para cada andar teremos perda de carga e altura manométrica diferentes, o que ocasiona um potencial

energético diferente para cada andar. Como a carga hidráulica depende da altura de queda d'água, o pavimento térreo não será levado em consideração, pois só haverá queda d'água do primeiro andar em diante.

Os reservatórios estão situados na área externa do hotel, o que facilita em casos de manutenção e não atrapalha o funcionamento. Cada reservatório será controlado por um registro para que haja o fluxo de água somente com o reservatório cheio, através de extravasores nos reservatórios (ladrão) a água em excesso poderá escoar em caso de excesso de água com registro fechado. A Figura 9 ilustra como poderia ser o esquema dos reservatórios.

Figura 9. Esquema dos reservatórios águas cinzas



Fonte: Adaptado Wanderlei (2016)

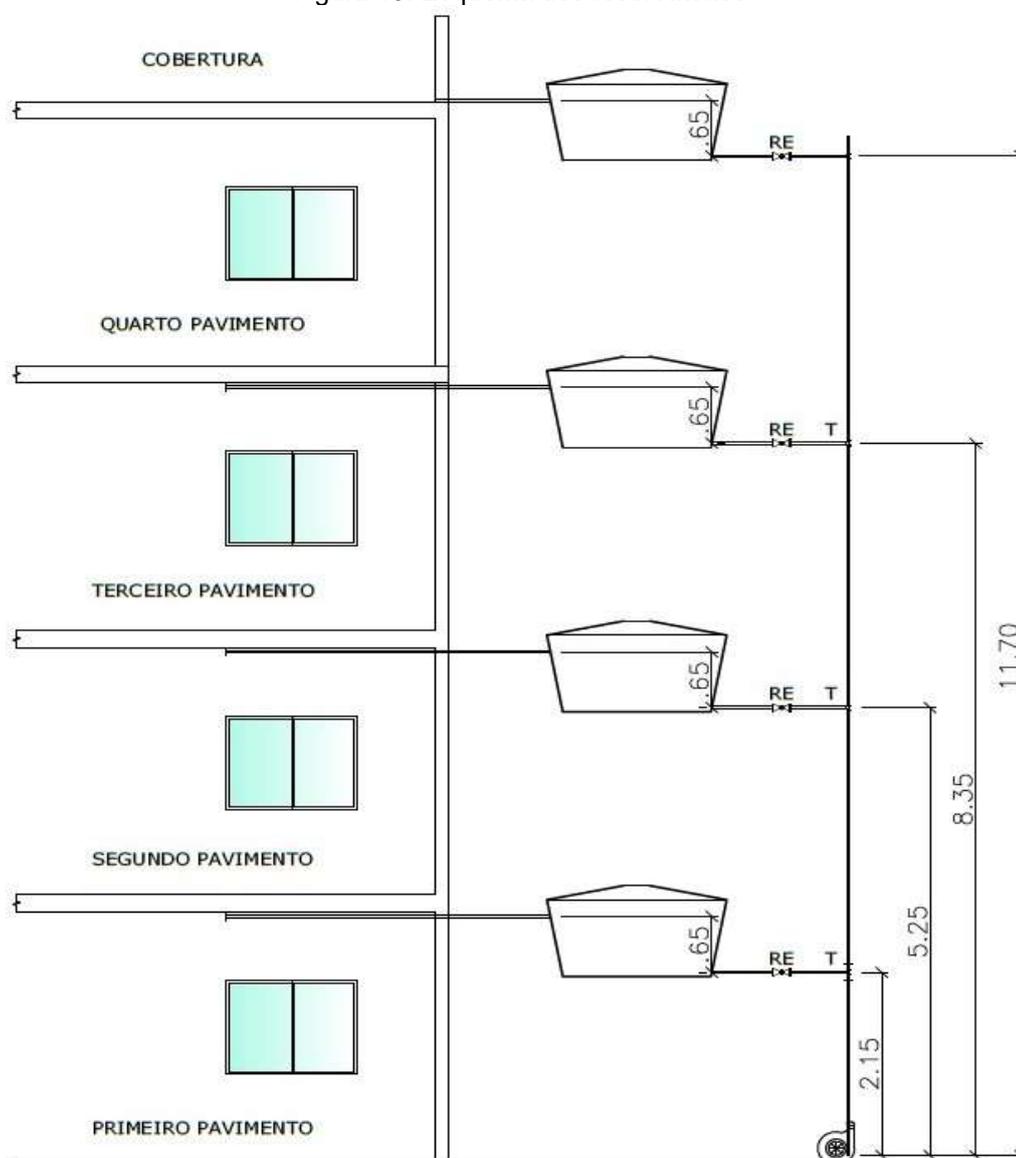
A altura manométrica será determinada de acordo com a altura de queda d'água e das perdas de carga, em cada andar haverá altura e perda de carga diferentes, como é mostrado na figura anterior.

Determinando o número de Reynolds será possível saber qual o tipo de escoamento e escolher qual equação utilizar para determinar a perda de carga.

3.2.3 Carga hidráulica das águas pluviais

Assim como nas águas cinzas, as águas pluviais terão e pertencerão ao mesmo sistema, ou seja, acabará sendo somente um único sistema com quatro reservatórios localizado em alturas diferentes conectados a este sistema. Por mais que faça parte do mesmo sistema, a altura de queda d'água e perda de carga será diferente, é possível ver esquema de todos os reservatórios na Figura 10.

Figura 10. Esquema dos reservatórios



Fonte: Adaptado Wanderlei (2016)

3.3 Precipitação

Para analisar o potencial hidráulico para a geração de energia elétrica, é preciso ter o valor da precipitação da área de estudo. O valor da precipitação é dado em milímetros, e é a quantidade de chuva em milímetros que é precipitada num metro quadrado de área. O valor da precipitação pluviométrica será obtido através *hidroweb*, um sistema da ANA que fornece dados de estações pluviométricas. Os dados pluviométricos que deveram ser utilizados serão da estação pluviométrica de Delmiro Gouveia de código 00937013.

3.4 Energia potencial hidráulica

Para calcular a energia potencial hidráulica será necessário conhecer as propriedades do fluido utilizado, neste caso a água, e considerar o rendimento das turbinas e perdas das tubulações. Sendo assim tem-se os seguintes valores das propriedades do fluido e rendimento da turbina:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3;$$

$$\mu = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s};$$

$$\eta = 80\%.$$

Para que seja possível quantificar a quantidade de energia gerada e compará-la com o valor da concessionária, neste caso a Equatorial, e saber quanto poderá ser economizado com a aplicação do método, a quantidade de energia gerada será encontrada na unidade de Wh (watts x número de horas).

No aproveitamento do sistema de abastecimento de água, a possível quantidade de energia gerada será utilizada a quantidade de água consumida da concessionária de toda a edificação, que para este caso é o hotel.

Quanto ao aproveitamento do potencial das águas cinzas para geração de energia, vai depender do consumo de água, pois a quantidade de águas cinzas produzidas depende do consumo de água em cada andar, lembrando que o térreo não será considerado devido à falta de queda d'água.

A possível quantidade de energia gerada do aproveitamento das águas pluviais será de acordo com a quantidade de chuva, ou seja, é completamente sazonal e haverá momentos que poderá ser gerada energia elétrica e outros não.

3.5 Aproveitamento dos potenciais

Para cada situação de aproveitamento será necessário fazer análise de volume de água e altura de queda d'água para que seja possível chegar a valores mais realistas.

3.5.1 Aproveitamento do potencial hidráulico da rede distribuidora de água

Para calcular a energia potencial hidráulica desta situação o volume de água considerado será referente ao consumo e o total de água do hotel de acordo com a ocupação do hotel.

$$V = C \cdot N \quad (\text{Equação 07})$$

$V = \text{volume consumido de água (L)}$;

$C = \text{consumo de água por usuário (L/hab)}$;

$N = \text{quantidade de usuário no hotel}$.

3.5.2 Aproveitamento do potencial hidráulico das águas cinzas

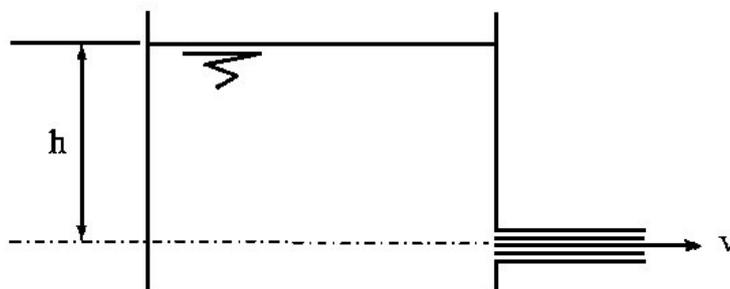
O volume de águas cinzas para o segundo, terceiro e quarto pavimento da edificação será determinado de acordo com a ocupação e geração de águas cinzas somente deste andar, onde o volume de águas cinzas é 70% do consumo de água.

$$V_{ac} = C \cdot N \quad (\text{Equação 08})$$

$V_{ac} = \text{volume consumido de água (L)}$;

A velocidade e vazão são controladas por cada reservatório que será considerado como regime permanente e a tubulação, podendo ser determinada aplicando a equação 01 em uma situação como a mostrada na Figura 11.

Figura 11. Velocidade da saída de água do reservatório



Fonte: Adaptado Brunetti (2008)

Onde obtém-se:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{Equação 09})$$

$v =$ velocidade de fluxo da água (m/s);

$g =$ aceleração da gravidade (m/s²);

$h =$ altura de coluna d'água no reservatório (m).

É possível obter o valor da vazão com a seguinte equação

$$Q_{max} = vA \quad (\text{Equação 10})$$

$Q_{max} =$ vazão máxima do fluido na tubulação (m³/s);

$A =$ Área da seção da tubulação (m).

3.5.3 Aproveitamento do potencial hidráulico das águas pluviais

Assim como para as outras situações, é necessário calcular o volume de água precipita usando a área de contribuição e a precipitação média diária, assim como também calcular a perda de carga para esta situação. Como o sistema para o aproveitamento de águas pluviais utilizará reservatórios e tubulações idênticas ao das águas cinzas, terão o mesmo valor para vazão e velocidade.

$$V_{ap} = Z \cdot A_{ct} \quad (\text{Equação 11})$$

$V_{ap} =$ volume de águas pluviais (m³);

$Z =$ precipitação média diária (mm);

$A_{ct} =$ área de contribuição (m²).

$$Z = \frac{\text{Média mensal}}{\text{quantidade de dias no mês}} \quad (\text{Equação 12})$$

3.6 Volume dos Reservatórios do Sistema

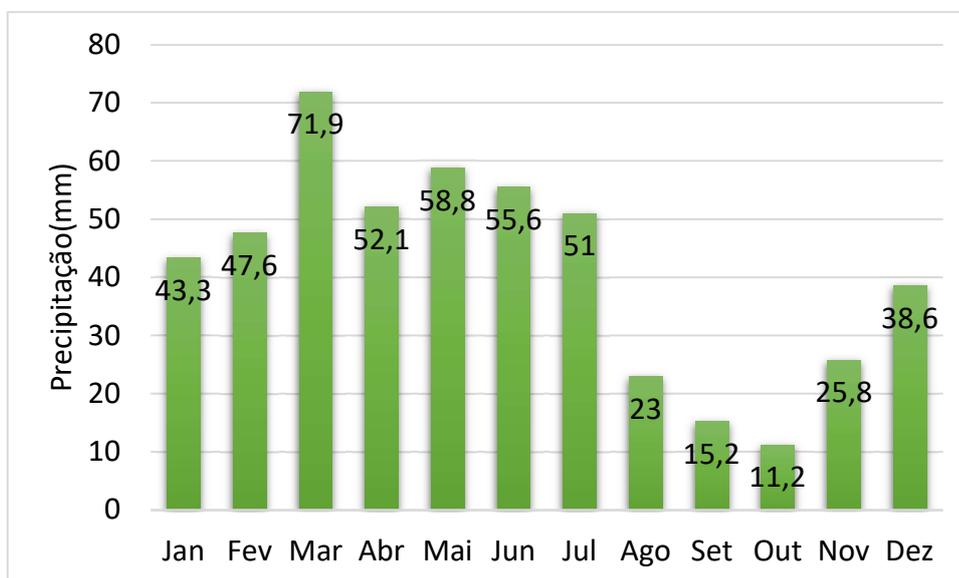
O volume dos reservatórios será de acordo com a quantidade de águas produzidas e águas pluviais precipitada. Através do volume diário que pretende ser encontrado, poderá ser encontrado um reservatório com volume que melhor se adeque, sendo que o volume sempre irá variar de acordo com o objeto de estudo.

4. RESULTADOS

4.1 Dados Pluviométricos

Serão analisados dados pluviométricos da estação 00937013 de Delmiro Gouveia, de um período de 1 de janeiro de 1989 a 30 de junho de 2019, e como se trata de valores médios mensais não há problema utilizar os dados de metade do ano de 2019. Nos meses de março a julho, temos os maiores valores das médias de chuvas mensais, já nos meses de agosto a dezembro têm-se os menores valores e é possível verificar os resultados no gráfico 2.

Gráfico 2. Média mensal de precipitação de 1989 a 2019



Fonte: Adaptado de ANA (2019)

Os dados da ANA (2019) fornecem uma precipitação média mensal de 41mm, esse valor juntamente com a área de contribuição da edificação irá resultar no volume mensal de chuva.

4.2 Energia potencial hidráulica

4.2.1 Potencial hidráulico da rede distribuidora de água

Aplicando os valores considerados ideais para o estudo de caso presente na equação 7, tem-se:

$$V = 120 \cdot 0,7 \cdot 109 \cdot 2 = 18312L/dia = 18,31 m^3/dia$$

Lembrando que a quantidade de usuário será de 70% da lotação máxima do hotel, e o número de usuários total é o número de quarto (109) onde cada quarto

pode ter dois hóspedes. Utilizando a pressão de 15m.c.a na equação 06 é possível obter o seguinte resultado.

$$E_{dtot} = \eta \cdot \rho_{H_2O} \cdot V \cdot g \cdot H$$

$$E_{dtot} = 0,8 \cdot 1000 \cdot 18,31 \cdot 9,8 \cdot 15 = 2153256J/dia = 0,6Kwh/dia$$

4.2.2 Potencial hidráulico das águas cinzas

Com a equação 08 considerando que as águas cinzas é 70% do consumo de água e considerando os 70% do número total de usuários por andar, sabendo que cada andar tem 30 quartos e cada quarto podem ter 2 hóspedes.

$$V_{ac} = C \cdot N$$

$$V_{ac} = 0,7 \cdot 120 \cdot 0,7 \cdot 30 \cdot 2 = 3528L/dia = 3,53m^3/dia$$

1° andar

Utilizando a equação 08 e a equação 09 é possível obter para o 1° andar, onde a velocidade depende da altura de lâmina d'água do reservatório que é de 65 cm e logo após é possível determinar a vazão considerando uma tubulação com diâmetro de 25mm.

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,65} = 3,57m/s$$

$$Q_{max} = 3,57 \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 1,75 \cdot 10^{-3} (m^3/s)$$

Com a velocidade é possível determinar o tipo de escoamento utilizando a equação 02, e em seguida a perda de carga localizada nas tubulações utilizando a equação 03.

$$Re = \frac{1000 \cdot 3,57 \cdot 0,025}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 89250$$

Tal resultado caracteriza-se um escoamento turbulento e sendo assim é possível calcular a perda de carga através dos coeficientes K. Onde analisando o esquema mostrado na Figura 10 devem ser considerados os coeficientes K para uma válvula de gaveta aberta e um tê com passagem lateral.

$$h_l = (0,2 + 2) \cdot \frac{3,57^2}{2 \cdot 9,8} = 1,43m$$

$$H_m = h - h_l = 2,92 - 1,43 = 1,49m$$

Sendo assim tem-se a energia total utilizando a equação 06.

$$E_{a1tot} = 0,8.1000 .3,53.9,8. 1,49 = 41236,05J/dia = 11,45wh/dia$$

Os valores de velocidade, vazão, volume água cinza e tipo de escoamento se repetirão para os outros pavimentos, sendo assim só é necessário calcular os valores da perda de carga e potência gerada.

2° andar

$$h_l = (0,2 + 2 + 0,9) \cdot \frac{3,57^2}{2 \cdot 9,8} = 2,015m$$

É necessário observar que para cada andar aumentará um acessório no qual haverá perda de carga, analisando a Figura 10 é possível ver que se trata de um tê com passagem direta para cada andar.

$$H_m = h - h_l = 5,95 - 2,015 = 3,94m$$

$$E_{a2tot} = 0,8.1000 .3,53.9,8. 3,94 = 109040,288J/dia = 30,3wh/dia$$

3° andar

$$h_l = (0,2 + 2 + 0,9 + 0,9) \cdot \frac{3,57^2}{2 \cdot 9,8} = 2,6m$$

$$H_m = h - h_l = 9,05 - 2,6 = 6,45m$$

$$E_{a3tot} = 0,8.1000 .3,53.9,8. 6,45 = 178505J/dia = 49,6wh/dia$$

4.2.3 Aproveitamento do potencial hidráulico das águas pluviais

Primeiramente calcula-se o valor da precipitação média diária considerando a média mensal dos meses de janeiro a dezembro e utilizando a equação 11, em seguida o volume de água é calculado aplicando a equação 12.

$$Z = \frac{41}{30} = 1,37mm/dia$$

$$V_{ap} = (1,37mm) \cdot (807,5m^2) = 1,37 \cdot 10^{-3} \cdot 807,5 = 1,1m^3$$

A perda de carga será calculada utilizando a equação 03 e o tipo de escoamento é turbulento, calculado igual no potencial de águas cinzas. Por se tratar de um mesmo sistema para águas cinzas e pluviais e analisando a Figura 10 é possível ver que devem ser considerados os coeficientes K para uma válvula de

gaveta aberta, um tê com passagem lateral e para cada andar um tê com passagem direta, totalizando 3.

$$h_l = \Sigma K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = (0,2 + 2 + 0,9 + 0,9 + 0,9) \cdot \frac{3,57^2}{2 \cdot 9,8} = 3,18m$$

$$H_m = h - h_l = 11,7 - 3,18 = 8,52m$$

Por fim a energia total é obtida utilizando a equação 06 com os valores obtidos anteriormente.

$$E_{aptot} = 0,8 \cdot 1000 \cdot 1,1 \cdot 9,8 \cdot 8,52 = 73476,5j = 20,46wh/dia$$

4.3 Potencial hidráulico total

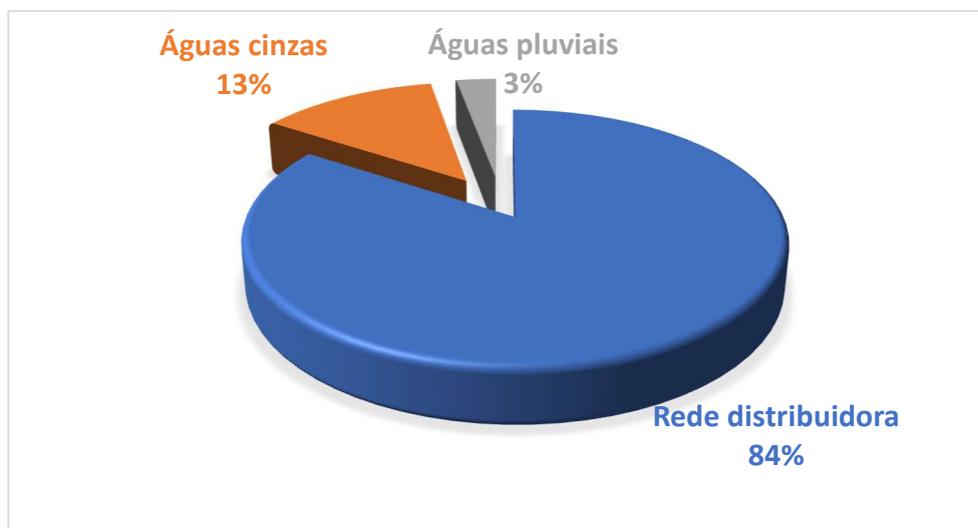
Somando os valores dos potenciais de cada situação é possível ter a energia total gerado no hotel.

$$E_{tot} = E_{dtot} + E_{a1t} + E_{a2to} + E_{a1tot} + E_{aptot}$$

$$E_{tot} = 600 + 11,45 + 30,3 + 49,6 + 20,46 = 712Wh/dia = 0,712kWh/d$$

Os resultados mostram que a maior parte do potencial total é composta pelo o aproveitamento da pressão da rede distribuidora de água e é possível visualizar no próximo gráfico, porém essa composição pode mudar de acordo com a geração de águas e com o aumento da precipitação de chuva. Devido a localização do hotel ser no semiárido brasileiro, a quantidade de chuva é baixa, logo, o potencial do aproveitamento de águas pluviais não é tão promissor correspondendo a somente 3% da composição da energia gerada, é que em locais onde a precipitação de chuva seja maior o potencial das águas pluviais poderia ser mais significativa.

Gráfico 3. Composição da energia total gerada



Fonte: Autor (2019)

Comparando os resultados obtidos pelo lorra (2013) é perceptível como para cada situação o potencial depende fundamentalmente dos fatores como precipitação, área de contribuição e consumo de água. No estudo apresentado pelo autor citado quanto ao aproveitamento das águas pluviais em seu estudo de caso ele tinha aproximadamente quatro vezes mais precipitação de chuva, porém a área de contribuição era corresponde a um terço da área analisada neste trabalho, por isso o potencial do aproveitamento das águas pluviais dá bem parecidos cerca de 3% assim como neste trabalho. As águas cinzas não é possível comparar pois ele aproveitou todo o esgoto, o que não é aconselhado devido à grande quantidade de matéria orgânica. A rede distribuidora de água apresentou o melhor resultado nos dois estudos, pois depende do consumo de água e eram bem consideráveis em ambos os trabalhos, no trabalho apresentado pelo lorra foi obtido 1,176 kWh/dia que é um resultado um pouco mais significativo do que o obtido neste trabalho, pois o seu volume consumido de água era mais elevado e a altura manométrica considerada foi maior. Um fator bastante importante a ser comparado pois aumenta o potencial, é a altura da edificação, o lorra teve como estudo de casa uma edificação de 10 pavimentos mais que o dobro do estudo de caso aqui realizado.

A composição das tarifas de contas de energia varia bastante dependendo da quantidade de consumo e dos impostos, em Delmiro Gouveia-AL como é possível ver no anexo 4 o valor do kWh chega a 0,766 R\$/kWh, sendo assim com o potencial de 0,712 kWh/dia, no mês pode haver uma economia de aproximadamente R\$ 16,36.

Como o aproveitamento para águas cinzas e pluviais será realizado através de reservatórios e o volume máximo de água para aproveitamento do potencial foi de $3,53\text{m}^3$, podem ser aplicados reservatório de 2m^3 com o funcionamento do sistema para cada andar de acordo com o enchimento dos reservatórios.

5. CONCLUSÃO

A energia é um fator indispensável na vida do ser humanos nos dias atuais, sendo assim, o trabalho apresenta uma forma de como aproveitar um potencial que é desperdiçado. A quantidade de energia elétrica gerada varia de caso a caso e depende bastante do consumo de água e da precipitação pluvial.

Com a grande busca por energia e as fontes energéticas sendo esgotáveis, a análise de possibilidade de aproveitamento de uma fonte renovável pode abrir diversos horizontes, e com isso, o trabalho apresenta uma forma de aproveitar cada vez mais destas fontes.

O aproveitamento do potencial das situações analisadas pode ser possível, porém não existem turbinas e geradores já fabricadas para este tipo de aproveitamento, o que é um empecilho. Além da falta de equipamentos específicos, os valores dos potenciais não são muito significativos para este caso, mas existem.

Quanto ao aproveitamento do potencial da rede distribuidora, é o mais promissor, pois diferentemente das outras situações analisadas, não necessita de qualquer tipo de estrutura ou sistema específico para aproveitamento.

O potencial do aproveitamento das águas pluviais apresentou um resultado bastante pequeno, mas em locais onde há um grande índice de chuva o resultado poderia ser mais satisfatório.

Sendo assim, uma edificação com mais andares, com maior consumo de água e localizada em um local que tenha maior índice de chuva que o apresentado nesse trabalho poderia apresentar resultados mais significativos.

O estudo realizado traz um conceito muito novo que pode despertar o interesse em aproveitar de novas formas os recursos disponíveis no planeta, o que pode acarretar em melhores fundamentações que enriqueçam a área estudada.

6. REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação Predial de Água Fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: **Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução**, Rio de Janeiro, 1999.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**, Rio de Janeiro, 1989.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público- Procedimento**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2017.

ADAM, H. **Micro-Hydro Design Manual**. London: Intermediate Technology publications, 1993, p. 153-185.

ALMEIDA, M. A. P. **As Fontes de Energia Renováveis: Energia Eólica no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade Anhanguera, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2019, p. 13.

ANA-**Agência Nacional de Águas**. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em:
<<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 10 ago.2019a

ANEEL-**Agência Nacional de Energia Elétrica**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2008. Disponível em:<https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb>. Acesso em: 27 de mai. 2019.

ANEEL-**Agência Nacional de Energia Elétrica**. Geração distribuída ultrapassa 20 mil conexões. Brasília DF. 2016, 24, jan de 2018. Disponível em:
<<https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/assetpublisher/XGPXSqdMFHrE/content/geracao-distribuida-ultrapassa-20-mil-conexoes/656877>>. Acesso em: 25 de jun. 2019.

ANEEL-**Agência Nacional de Energia Elétrica**. Micro e Minigeração Distribuída. 2ª edição. Brasília DF. 2016 Disponível em:<
<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+>

Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 05 de jun. 2019.

BARBOSA, W. P. F.; AZEVEDO, A. C. S. **Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens**. In: II SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 2013, p. 5 – 8. Belem. Anais.

BRAND, M. A. **Energia de Biomassa Florestal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 2010, p. 17-35.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. Revisada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008, p. 89,107.

Carvalho Júnior, R. **Instalações Hidráulicas e o projeto de Arquitetura**. 7. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2013.

CAUS, T. R.; MICHELS, A. **Energia Hidrelétrica: Eficiência na Geração**. Trabalho de conclusão de curso de especialização -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014, p. 20.

CREDER, H. O. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. ed. Reimpressão. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012, p. 220 - 280.

EPE/MME-**Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia**. Balanço energético Nacional. 2018 p. 36.

EPE-**Empresa de Pesquisa Energética**. Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional) de 1995 - 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>>. Acesso em: 21 de ago. 2019.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Eólica**. 1. ed. São Paulo: Editora Manole, 2011.

FRIEDLER, E.; KOVALIO, R.; GALIL N. I. **On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings**. In: Water Science & Technology Vol. 51, p. 187–194.

GOLDEMBERG, J. e LUCON, O. **Energia renováveis: um futuro sustentável**. Revista Universidade de São Paulo. São Paulo: dezembro/janeiro, 2006-2007, n.72, p. 6-15.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gsetão de águas**. 4. ed. Traduzida. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2014, 161 - 201.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: editora LTC, 2012, vol 1, p. 172 - 190.

HARVEY, A. **Micro-Hydro Design Manual**. 1. ed. Londres: Editora IT Publications, 1993. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/193276787/Micro-Hydro-Design-Manual-Adam-Harvey>>. Acesso em: 22 de ago. 2019.

HENN, E. A. L. **Máquinas de Fluido**. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2006. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/maquinas-de-fluido-henn-2ed/4915508/>>. Acesso em: 22 de ago. 2019

HIGIPLUS, L. **No Brasil, maior potência hídrica do planeta, a escassez de água continua**. Disponível em: < <http://revistahigiplus.com.br/no-brasil-maior-potencia-hidrica-do-planeta-a-escassez-de-agua-continua>> Revista Higiplus, São Paulo, 2018.

IORAA, P. R. Q. **Análise do Potencial de Microgeração Hidroelétrica Predial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2013.

IPT- **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**. Manual Para Aproveitamento Emergencial de Águas Cinzas do Banho e da Máquina de Lavar. São Paulo, 2016 Disponível em https://www.ipt.br/download.php?filename=1334-Manual_para_aproveitamento_emergencial_de_aguas_cinza_do_banho_e_da_maquina_de_lavar.pdf>. Acesso em: 01 de JUL. 2019.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas prediais e industriais**. 4. ed. Reimpressão. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012, p. 142.

MELO, V. O.; NETTO, J. M. A. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**. 1. ed. Reimpressão. São Paulo: Editora Blucher, 2009, p. 11- 25.

MILITO, J. A. **Técnicas de Construção Civil**. Notas de aulas. Faculdade de Ciências Tecnológicas da P.U.C. 2009, p 133.

MMA-**Ministério do Meio Ambiente**. Resolução N° 54 de novembro de 2005. <<http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>>. Acesso em: 06 de jun.2019 p.8.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: Editora EESC-USP, 2006, p. 3-88.

PUCRS. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do.** Manual de Economia de Energia. Disponível em:

<<http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>>. Acesso em: 06 de jun. 2019, p.8.

RAFFERTY. K. **Geothermal Power Generation A Primer On Low-Temperature, Small-Scale Applications.** 2000. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.600.9869&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 18 de mai. 2019.

REBÊLO, M. M. P. D. **Caracterização De Águas Cinzas E Negras de Origem Residencial e Análise da Eficiência de Reator Anaeróbico com Chicanas.** 2014. 110 p. Dissertação (mestrado em Engenharia: Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011, p. 46.

REIS, L.B. **Geração de Energia Elétrica.** 2. ed. São Paulo: Editora Manole, 2011. Disponível em: <<https://pensecomigo.com.br/livro-geracao-de-energia-eletrica-pdf-lineu-belico-dos-reis/>>. Acesso em: 17de ago.2019.

SIMÕES, M. G. **Power Electronics for Renewable and Distributed Energy Systems.** 1. ed. Londres: Editora Springer-Verlag, 2013, p. 151 - 168.

SOUZA, R. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaicas.** 1. ed. Ribeirão Preto. 2016. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf?utm_campaign=entrega_livro&utm_medium=email&utm_source=RD+Station>. Acesso em: 12de mai.2019a.

TRIPADVISOR. **Fotos Hotel Aline.** Disponível em:

<https://www.tripadvisor.com.br/Hotel_Review-g2345120-d14058613-Reviews-Bristol_Aline-Delmiro_Gouveia_State_of_Alagoas.html>. Acesso em: 15 de ago. 2019.

USGS- **United States Geological Survey.** The Natural Water Cycle. 2018 Disponível em:< <https://www.usgs.gov/media/files/ciclo-da-gua-natural-water-cycle-portuguese-pdf>>. Acesso em: 09 de JUL. 2019.

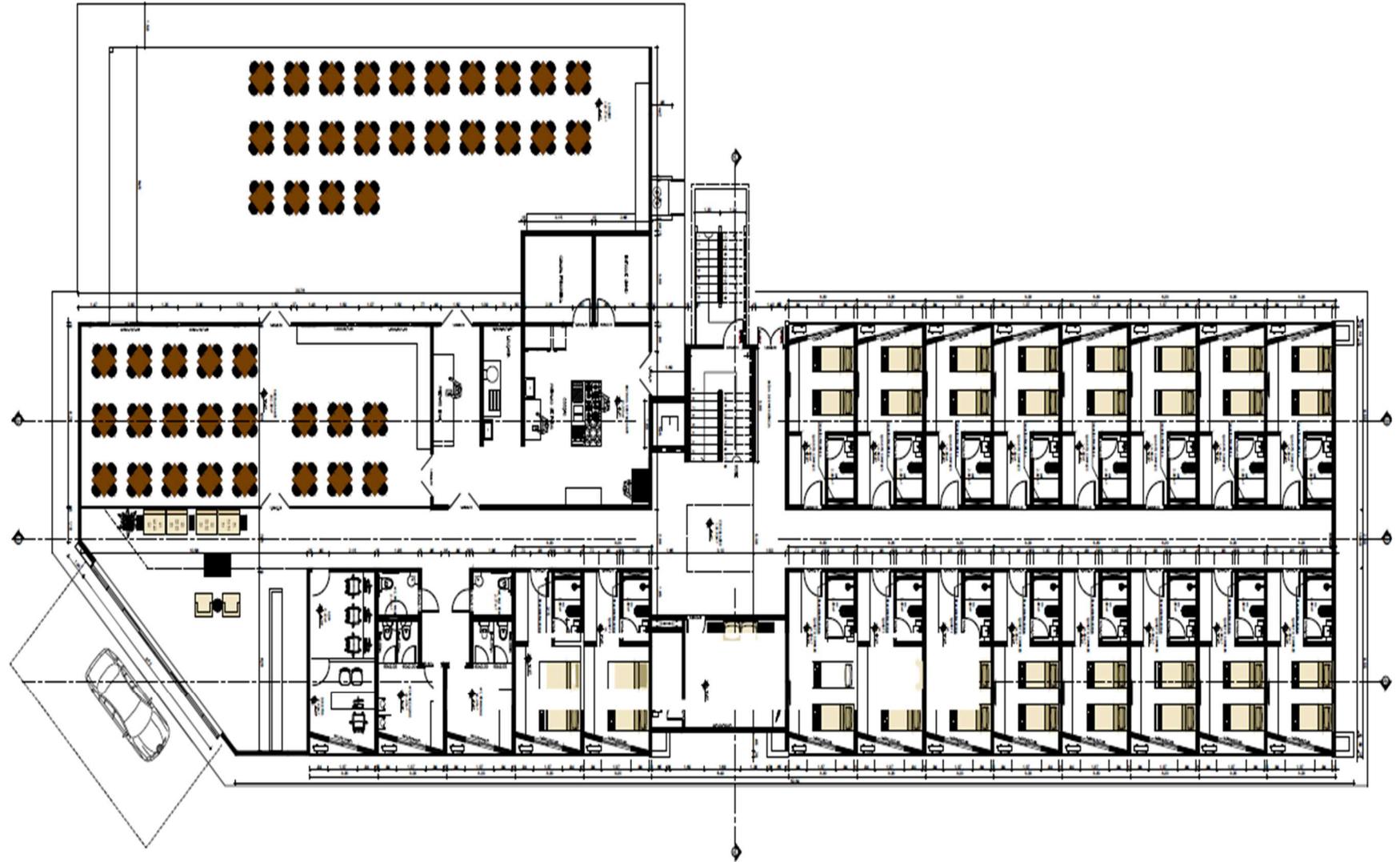
WANDERLEI, W. O. **Projeto de Arquitetura-HOTEL ALINE.** Aracaju 2016.

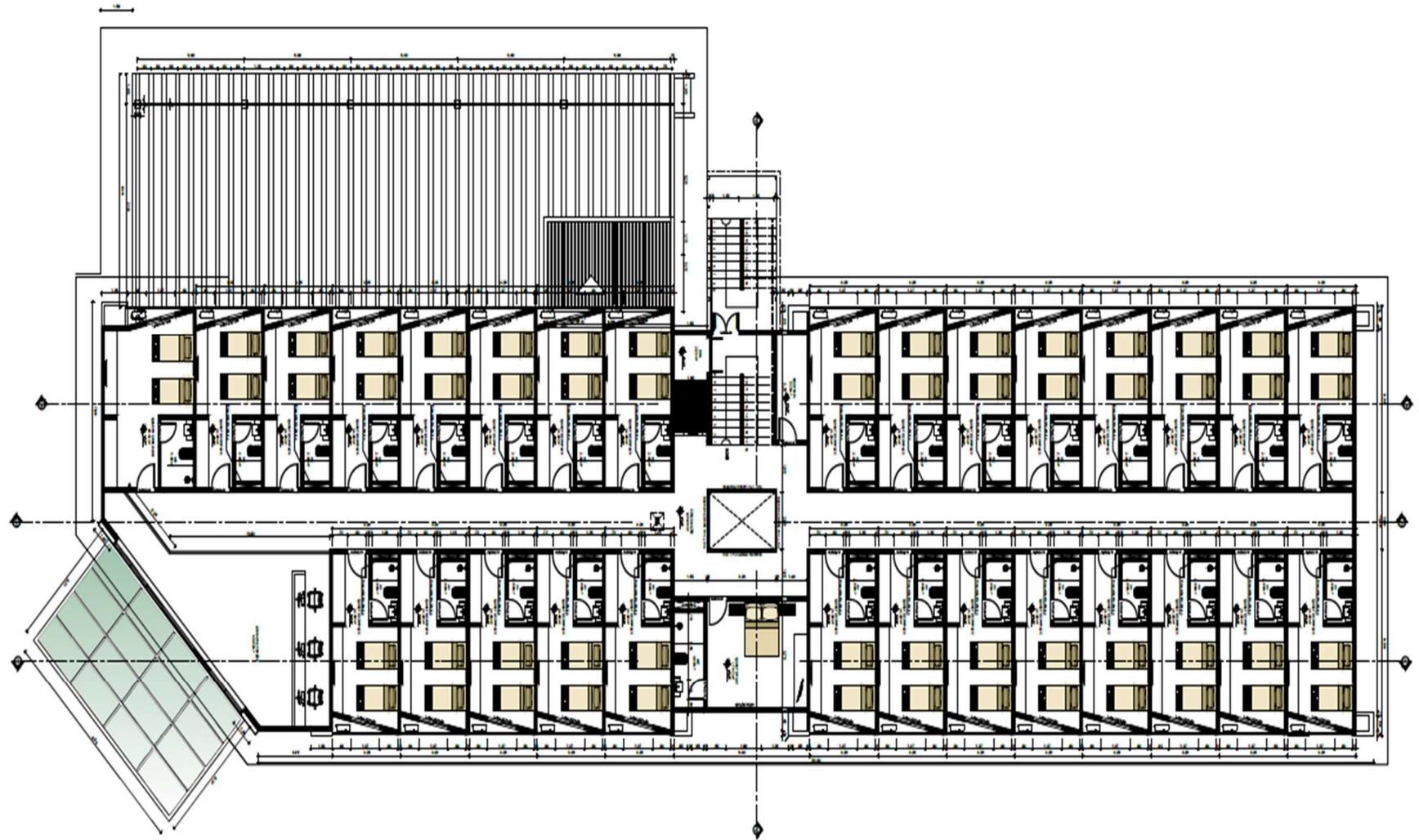
ANEXOS

ANEXO 1 – Planta de corte do hotel Aline



ANEXO 2 – Planta baixa do térreo do hotel Aline



ANEXO 3 – Planta baixas 1°, 2° e 3° andar do hotel Aline

ANEXO 4 – Conta de energia elétrica equatorial

equatorial
ENERGIA

COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS
Av. Fernandes Lima, 3349 - Gruta de Lourdes - CEP: 57052-902
MACEIÓ/AL - CNPJ 12.772.084/0001-00 - IE: 24007177-B
REGIME ESPECIAL DE IMPRESSÃO AUTORIZADO PELA SEC. DA FAZENDA
NF / FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA / SERVIÇO SÉRIE U NF

Para contato conosco, informe este NÚMERO! ➤

SEU CÓDIGO
0186054-2

Nº da Nota Fiscal 26156570

A Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002

CONTA MÊS SETEMBRO/2019	VENCIMENTO 07/10/2019	CONSUMO (kWh) 37	TOTAL A PAGAR (R\$) 32,46
-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------	-------------------------------------

WELTON BARBOSA MAGALHÃES
R 15 DE NOVENBRO 68 - CENTRO
CPF: 00008676811440
CEP: 57.480-000 - DELMIRO GOUVEIA

ROT: 153.015.03.03.003120

DADOS DA LEITURA		DATAS DA LEITURA	
	kWh		
Atual:	30102	Atual:	30/09/2019
Anterior:	30065	Anterior:	28/08/2019
Constante de Multiplicação:	1,000	Próxima Leitura:	29/10/2019
Consumo Medido:	37	Ger. Arquivo:	27/09/2019
Consumo Faturado:	37	Apresentação:	30/09/2019
Forma de Faturamento:	NORMAL	Código de Irregularidade:	
		Dias de Consumo:	33

FCAM*

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA					
Classe/Subclasse	Ligação	Número Medidor	Posto	Código Fat.	Média 12 meses
RESIDENCIAL	MONO	01177515	S 1 15578	1.1.1.1	115

HISTÓRICO kWh		DESCRIÇÃO DA CONTA	
Mês/ano	Consumo		
AGO/19	16,3	CONSUMO 37 kWh a R\$ 0,765978 =	28,34
JUL/19	6,7	CORRECAO MONETARIA 08/19-00	0,35
JUN/19	0	MULTA POR ATRASO 08/19-00	2,87
MAI/19	0	JUROS DE MORA DE IMPO 08/19-00	0,90
ABR/19	0	ADICIONAL BANDEIRA VERMELHA -	1,48
MAR/19	0		
FEV/19	0		
JAN/19	0		
DEZ/18	0		
NOV/18	0		

TARIFA SEM TRIBUTOS:
0 A 37 - 0,97550

NOTIFICAÇÃO DE REAVISO DE VENCIMENTO / MENSAGEM

LIGUE 0800 082 0196 E FAÇA OPCAO VENCIMENTO 3 8 13 18 23 28
Parabens! Até o dia 27/09/2019, não constatamos faturas vencidas nessa Unidade Consumidora.

VOCE PODE OPTAR PELOS MODOS DE VENCIMENTO DA SUA FATURA NOS DIAS 03, 08, 13, 18, 23 OU 28. ENTÃO ENCONTRE POR NOSSO SITE MUITAS FORMAS DE PAGAMENTO.

RESERVADO AO FISCO 0DDC.B151.468E.4130.5038.47D1.C479.569B

COMPOSIÇÃO DA CONTA - R\$			IMPOSTOS/TRIBUTOS - R\$		
Distribuição:	10,52		Base de Cálculo:	28,34	28,34
Energia:	7,45		Alíquota ICMS:	17,00%	
Transmissão:	1,02		Valor do ICMS:		4,81
Encargos:	2,32		Valor do PIS:	1,41%	0,39
Tributos:	7,03		Valor do COFINS:	6,49%	1,83

INDICADORES DE CONTINUIDADE									
	DIC			FIC			DMIC	DICRI	
	Mensal	Trimestral	Anual	Mensal	Trimestral	Anual	Mensal	Mensal	
Limite	6,03	12,06	24,12	3,48	6,97	13,95	3,54		
Realizado	0,72			1,00			0,72		
Conjunta	SF DELMIRO GOUVEIA						Período de apuração:	07/2019	EUSD: 20,37