



INSTITUTO FEDERAL

Minas Gerais

Campus Avançado Arcos

André Luís Mendes Costa

Henrique Martins Fideles

Lucas Souza Camargos

Marcos Otávio Menezes Júnior

Rafael Moreira Soares

Yan Mileib Novais

Microgerador de Energia Elétrica por Motor de Indução Eletromagnética e Roda D'água

Arcos - MG

2019

André Luís Mendes Costa
Henrique Martins Fideles
Lucas Souza Camargos
Marcos Otávio Menezes Júnior
Rafael Moreira Soares
Yan Mileib Novais

Microgerador de Energia Elétrica por Motor de Indução Eletromagnética e Roda D'água

Trabalho Acadêmico Integrador - TAI, apresentado às disciplinas referentes ao terceiro período do curso de Engenharia Mecânica ministrado no Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*.

Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG

Campus Avançado Arcos

Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: José Luiz Gonçalves

Arcos - MG

2019

Resumo

O trabalho proposto tem como objetivo estudar, aprimorar e executar a montagem do protótipo em escala reduzida de um microgerador de energia envolvendo uma roda d'água e um motor de indução eletromagnética. Separado em duas etapas, primeiramente a roda d'água e em seguida o motor elétrico, sendo desenvolvido a partir de procedimentos para integração das disciplinas de Engenharia Mecânica, no Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, com o intuito de obtenção de conhecimento sobre este assunto que visa economizar custos energéticos em meios rurais. Os geradores de energia foram desenvolvidos para transformar as mais variáveis formas de energia, entre elas a mecânica, em energia elétrica. Visando isso, o objetivo é desenvolver um protótipo capaz de gerar energia elétrica através da energia mecânica fornecida pelo fluxo da água presente na roda, no qual para o desenvolvimento do trabalho será aplicado conceitos básicos da mecânica. O seguinte protótipo desenvolvido na primeira parte do trabalho segue os princípios de uma roda d'água real. O processo para fabricação deste utilizou recursos contemporâneos como o corte a *laser* e a impressão 3D, que contribuíram para o êxito do trabalho. Após a obtenção de todas as peças do sistema e montagem, foi concluído que motores de indução eletromagnética de pequeno porte também são capazes de gerar energia. E que assim, se pode dar continuidade aos estudos para o desenvolvimento da roda d'água e motor em escala real na próxima etapa do projeto.

Palavras-chave: Microgeradores. Roda d'água. Energia. Protótipo.

Abstract

The following work has the goal of study, upgrade and execute the making of a smaller scale prototype of a microgenerator, using a waterwheel and an eletromagnetic induction motor. Dividing in two steps, first the waterwheel, then, the eletric motor, being developed from the procedures for the integration of Mechanical Engineering's disciplines, at *Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Arcos*, aiming the knowledge acquirement of the subject, in the view of economical savings at countryside regions. The energy generators were developed to transform the most unpredictable forms of energy, like mechanical to eletrical energy. Afterall, the objective is to develop a prototype capable of generate eletrical energy through the water flow that exists in the waterwheel, for the work's development will be applied the basics mechanical concepts. The prototype developed in the first part of this work follows the principles of a real waterwheel. Its fabrication process employed latest ressources, like laser cut and 3D printing, which helped the work's conclusion. After obtaining all the pieces, it was possible to assume even small eletromagnetic induction motors are able to generate energy. Henceforth, the studies can continue, heading for the development of a real size waterwheel and motor.

Keyword: Microgenerator. Waterwheel. Energy. Prototype.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Crescimento do consumo de eletrecidade	7
Figura 2 – Protótipo da roda d'água	8
Figura 3 – Alambique	8
Figura 4 – Roda d'água	10
Figura 5 – Cooler	11
Figura 6 – Protótipo da roda d'água construído	12
Figura 7 – Roda d'água do Alambique Acaciana a Cachaça do Criolo	13
Figura 8 – Diagrama de corpo livre da roda d'água - DCL	16
Figura 9 – Diagrama de corpo livre do eixo da roda - DCL	17
Figura 10 – Esforço cortante e momento fletor	17
Figura 11 – Representação do sistema	18
Figura 12 – Quadro de gastos	18
Figura 13 – Componentes	19
Figura 14 – Cronograma	23

Sumário

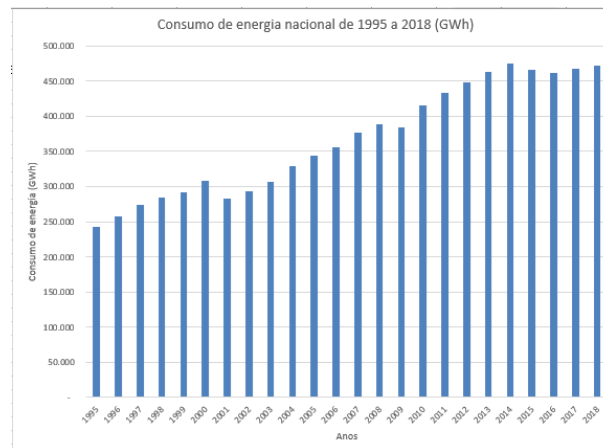
1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Justificativa	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivos gerais	9
2.2	Objetivos específicos	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1	Roda d'água	10
3.2	Eixos	10
3.3	Engrenagem	10
3.4	Arruelas	11
3.5	Rolamentos	11
3.6	<i>Cooler</i>	11
4	METODOLOGIA	12
4.1	Métodos Utilizados	12
4.2	Visita técnica	13
4.3	Funcionamento	13
4.4	Fluxo de água	13
4.5	<i>Cooler</i> e aumento de giro	14
4.6	Cálculo das potências	14
4.6.1	Potência útil da roda	14
4.6.2	Potência bruta	15
4.6.3	Potência disponível pela roda d'água	15
4.6.4	Perda de potência pelo multiplicador de velocidade	15
4.6.5	Potência disponível pelo gerador	15
4.6.6	Potência disponível para utilização	15
4.7	Rotação da roda	16
4.8	Cálculo das reações de apoio	16
4.9	Construção do Protótipo e Análise de Custos	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
	REFERÊNCIAS	22

APÊNDICE A – CRONOGRAMA	23
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

O uso de energia elétrica se faz extremamente necessário nos dias atuais e vem crescendo a cada ano o consumo deste recurso, onde no ano de 1995, o consumo de energia elétrica se aproximava de 243.074 GWh. Segundo os dados mais recentes, relacionado ao ano de 2018, o consumo de energia elétrica nacional está em torno de 472.242 GWh obtendo aumento de 229.168 GWh. Durante estes 23 anos de pesquisa, veio transmitindo a ideia da importância da eletricidade para a população (EPE, sd).

Figura 1 – Crescimento do consumo de eletricidade



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2019.

Mesmo com todos os benefícios que a eletricidade proporciona, a energia elétrica ainda não é entregue para toda população. Diante disso, muitas comunidades rurais, indígenas e até mesmo algumas áreas urbanas, sofrem com sua falta, prejudicando assim uma parcela da sociedade (DASSIE, 2016). Em algumas localidades, o uso de geradores movidos a combustíveis fósseis como o diesel ou gasolina é necessário para geração de energia elétrica, mas a queima destes degradam o meio ambiente.

Assim, a ideia tratada nesse trabalho será a análise da viabilidade de um projeto para zonas rurais que utiliza um microgerador para produção de até 75 kW de energia através de uma roda d'água acoplada a um motor de indução eletromagnética para auxílio de produção de energia destinadas a maquinários elétricos na propriedade (ANEEL, 2018). No contexto do TAI III, a roda d'água foi dimensionada pelos integrantes do grupo, em seguida, foi realizado a prototipagem em impressora 3D e montagem da maquete utilizando um *cooler* como motor de indução eletromagnética com objetivo de analisar a eficiência energética do protótipo.

Figura 2 – Protótipo da roda d'água



Fonte: Autoria própria

1.1 Justificativa

A utilização da energia elétrica viabiliza o desenvolvimento da economia mundial (SCHMIDT, LIMA, 2004), no qual empresas, de modo geral, tanto urbanas, quanto rurais, necessitam da utilização da eletricidade para produção de seus produtos. Assim, parte do lucro dessas empresas são destinados a pagar pelo uso desta energia.

Figura 3 – Alambique



Fonte: Autoria própria

Visando isso, ao analisar um alambique de água ardente em zona rural, que utiliza a energia elétrica proveniente da Concessionária Energética de Minas Gerais (CEMIG) para energização do engenho e então, produção de cachaça, foi percebido um potencial para otimização dos recursos energéticos. Devido a presença de um riacho na propriedade, seria possível gerar energia através de um microgerador hidrelétrico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver o protótipo de um microgerador de energia hidrelétrica a base de uma roda d'água, primeiramente estudando o sistema e a eficiência de um protótipo em escala reduzida de uma roda d'água utilizando um *cooler* como gerador, com o intuito de analisar sua implantação no meio rural. Tal objetivo seria alcançado, aplicando conhecimentos adquiridos ao decorrer do semestre do curso Engenharia Mecânica, ministrados no Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, *Campus Arcos*.

2.2 Objetivos específicos

Este projeto tem por objetivo analisar e desenvolver um protótipo capaz de gerar energia hidrelétrica a partir da energia mecânica gerada por uma roda d'água.

- Dimensionar a roda d'água.
- Estudar e compreender princípios da roda d'água.
- Construir o protótipo.

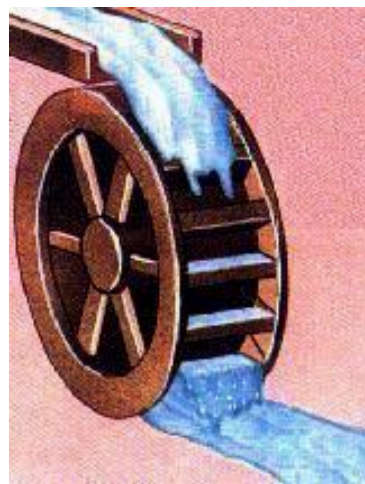
3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico desta pesquisa esta relacionada a explicar seis itens, nos quais estão relacionados: roda d'água; eixos; engrenagens; *cooler*; arruelas e rolamentos.

3.1 Roda d'água

Segundo Souza (2011), as rodas d'água são máquinas motrizes rudimentares que surgiram por volta de 200 a.C., sendo precursoras das atuais turbinas das usinas hidrelétricas. Observando isso, sua utilização acaba sendo limitada a fazendas, sítios e pequenas indústrias.

Figura 4 – Roda d'água



Fonte: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA),2019.

3.2 Eixos

Os eixos geralmente são fixos ou giratórios, tendo como funcionalidade sustentar elementos de máquina, no qual o eixo utilizado é um eixo maciço de seção transversal circular (SENAI, 2000).

3.3 Engrenagem

Entre os elementos de transmissão, as engrenagens são as mais utilizadas, no qual são rodas dentadas tendo o espaçamento dos seus dentes todos uniformes (GENEROSO, 2009).

3.4 Arruelas

Para desenvolvimento do trabalho foi usada arruelas lisas para distribuição melhorada do aperto, além de ser utilizada para pequenas vibrações, e melhorar a aparência do conjunto (SENAI, 2000).

3.5 Rolamentos

Os rolamentos utilizado neste trabalho, são 626 ZZ, blindados, do tipo de uma carreira de esferas, que esta ligado a suportar cargas radias e leves cargas axiais, sendo apropriado para altas rotações, tendo como uma de suas excepcionalidades a proteção contra impurezas e o escoamento de graxas (GENEROSO, 2009).

3.6 Cooler

O *cooler* é utilizado para refrigerar máquinas, como os computadores. Ele arrefece o sistema transportando ar frio para o interior do gabinete dos computadores (ENIAX, 2019).

Figura 5 – Cooler



Fonte: Adrena Informática,2019

4 METODOLOGIA

4.1 Métodos Utilizados

Primordialmente, cabe salientar que a idealização do projeto microgerador de energia a base de um motor elétrico por indução eletromagnética e uma roda d'água manifestou-se através de debates realizados pelo grupo de TAI III. Após uma visita técnica para se ter uma visão mais ampla sobre o assunto tratado, foi realizado a integração de conteúdos em benefício da consolidação de projetos da engenharia, incentivada por professores do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, destinados aos alunos do terceiro período de Engenharia Mecânica.

Analizando o assunto em foco, procurou-se através de pesquisas obter uma análise prévia sobre rodas d'água. Buscando conhecimentos através de explorações físicas e teóricas, foi possível para o grupo conquistar capacidade suficiente para concluir o projeto.

Figura 6 – Protótipo da roda d'água construído



Fonte: Autoria Própria

Outro aspecto que vale salientar, é como se deu as reuniões do grupo. Os encontros aconteceram frequentemente, tanto na casa dos integrantes, quanto no Instituto Federal Minas Gerais - *Campus Arcos*, no qual foi possível conciliar a união das ideias concisas e organizadas sobre o trabalho proposto pelos componentes do grupo, além de dar desenvolvimento ao projeto. A organização das etapas para o melhor aproveitamento do tempo de progressão ao objetivo, foi separada por meio de um cronograma semanal para atender as datas limites do prazo estipulado.

4.2 Visita técnica

Diante de uma visita técnica em um alambique situado na cidade de Arcos-MG, administrado pelo senhor Wilmar, foi notado por integrantes do grupo que o processo de moagem da cana-de-açúcar havia um grande consumo de energia elétrica para o acionamento do engenho elétrico. A partir dos custos da energia que é utilizada, onde teve-se a ideia de otimização e flexibilidade para tal processo, onde seria utilizado os recursos naturais presentes na propriedade com a implementação de uma roda d'água acoplada no eixo de um motor de indução eletromagnética, que seria instalado nas margens do riacho existente no terreno tendo função de um microgerador de energia elétrica. Entretanto, para a fase atual do projeto, um estudo de um protótipo em escala reduzida será construído para melhor entendimento do sistema.

Figura 7 – Roda d'água do Alambique Acaciana a Cachaça do Criolo



Fonte: Autoria própria

4.3 Funcionamento

O funcionamento do microgerador de energia para este projeto depende de um ciclo baseado em fluxo de água, uma roda d'água e um motor de indução eletromagnético. A roda d'água do projeto depende do fluxo de água corrente da torneira residencial para ocorrer uma rotação capaz de ligar o motor. Sendo assim, o sistema será capaz de gerar energia elétrica através da energia mecânica provinda da água.

4.4 Fluxo de água

Para calcular a velocidade de água, foi necessário mensurar a bitola da mangueira que transporta a água até a roda utilizando um paquímetro, obtendo uma área da seção transversal circular de $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. A vazão foi encontrada a partir do tempo gasto pela água para preencher um recipiente de dois litros, obtendo um valor de $1,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Conhecendo assim os dados de vazão e área da seção transversal, foi possível encontrar a velocidade da água corrente, sendo a mesma de $0,857 m \cdot s^{-1}$, utilizando a equação:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,14 \cdot 10^{-4}}{1,33 \cdot 10^{-4}} = 0,857 m \cdot s^{-1} \quad (4.1)$$

4.5 Cooler e aumento de giro

O *Cooler* é um refrigerador utilizado como um microgerador de energia que funcionará por indução eletromagnética. Ele utiliza a corrente percorrida nas espiras do estator para que o rotor gire. Nesse processo, a rotação que chega no eixo do gerador é mais importante do que o torque e, para chegar em um valor satisfatório, foi necessário desempenhar um aumento de giro.

A roda d'água possui uma rotação em relação ao que o motor necessita. Para que o eixo do motor gire em uma rotação suficiente para produzir energia, é necessário promover um aumento de giro, através de engrenagens. Tal mecanismo é composto por uma engrenagem acoplada na roda d'água, sucedida por duas engrenagens menores em um mesmo eixo, sendo elas de raios distintos, e por fim, uma engrenagem pequena ligada ao *cooler*. Essa configuração se torna verídica a partir da seguinte equação:

$$\frac{RPM_1}{RPM_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (4.2)$$

Onde D é referente ao diâmetro da roda dentada, e RPM a rotação que a mesma exerce.

Após serem efetuados os cálculos, encontrou-se um valor de 31,99 RPM para a roda d'água. Usando a equação (4.2) para calcular a relação de todas as engrenagens, foi obtido um valor final de 1816 RPM no *Cooler*.

4.6 Cálculo das potências

Ao ser calculado a potência disponível para sua utilização deve-se considerar perdas transformações de energia (MACINTYRE, 1983).

4.6.1 Potência útil da roda

A potência bruta é estabelecida empiricamente, sendo analisado com outros cálculos de rendimento de potência para melhor fixação (MACINTYRE, 1983).

$$P_u = \frac{Q \cdot h \cdot \eta}{75} = \frac{0,114 \cdot 10 \cdot 0,5}{75} = 7,6 \cdot 10^{-3} Cv = 5,59 W \quad (4.3)$$

$Q \rightarrow$ Vazão de água.

$h \rightarrow$ Altura topográfica.

$\eta \rightarrow$ Coeficiente de rendimento.

4.6.2 Potência bruta

Sendo extraída de uma queda d'água, pode ser calculada a potência máxima através da fórmula abaixo (MACINTYRE, 1983).

$$P_b = \frac{Q \cdot h}{75} = \frac{0,114 \cdot 10}{75} = 15,2 \cdot 10^{-3} \text{ Cv} = 11,2 \text{ W} \quad (4.4)$$

4.6.3 Potência disponível pela roda d'água

Analisando a equação abaixo, pode ser analisado o cálculo da energia disponível da potência (MACINTYRE, 1983).

$$P_{rd} = \eta_{rd} \cdot P_b = 0,8 \cdot 15,2 \cdot 10^{-3} = 12,2 \cdot 10^{-3} \text{ Cv} = 8,97 \text{ W} \quad (4.5)$$

4.6.4 Perda de potência pelo multiplicador de velocidade

Devido a perda causada pela área de interação do dispositivo, é possível utilizar a equação abaixo:

$$P_{mv} = \eta_{mv} \cdot P_{rd} = 0,6 \cdot 12,2 \cdot 10^{-3} = 7,30 \cdot 10^{-3} \text{ Cv} = 5,37 \text{ W} \quad (4.6)$$

4.6.5 Potência disponível pelo gerador

Como a potência pelo gerador na saída é calculado pela equação abaixo:

$$P_g = \eta_g \cdot P_{mv} = 0,8 \cdot 7,30 \cdot 10^{-3} = 5,84 \cdot 10^{-3} \text{ Cv} = 4,30 \text{ W} \quad (4.7)$$

4.6.6 Potência disponível para utilização

Segundo Macintyre (1983), a energia transportada até o local de utilização têm uma perda de dois porcentos, assim pode se utilizar a fórmula a seguir:

$$P_d = 0,98 \cdot P_g = 0,98 \cdot 5,84 \cdot 10^{-3} = 5,72 \cdot 10^{-3} \text{ Cv} = 4,21 \text{ W} \quad (4.8)$$

4.7 Rotação da roda

Para efetuar o cálculo da rotação da roda d'água pode seguir o seguinte processo abaixo.

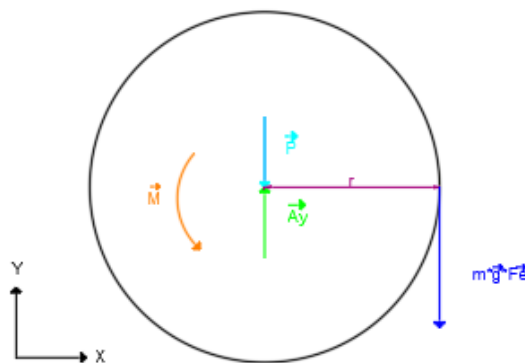
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,033}{78,5 \cdot 10^{-4}} = 4,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.9)$$

$$\omega = \frac{v}{r_{roda}} = \frac{4,24}{0,075} = 56,6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \text{ ou } 540 \text{ RPM} \quad (4.10)$$

4.8 Cálculo das reações de apoio

Para analisar os esforços atuando sobre os apoios e sobre os eixos, foi feito o diagrama de corpo livre para se encontrar as incógnitas desconsiderando o atrito.

Figura 8 – Diagrama de corpo livre da roda d'água - DCL



Fonte: Autoria própria - Autodesk Autocad 2019

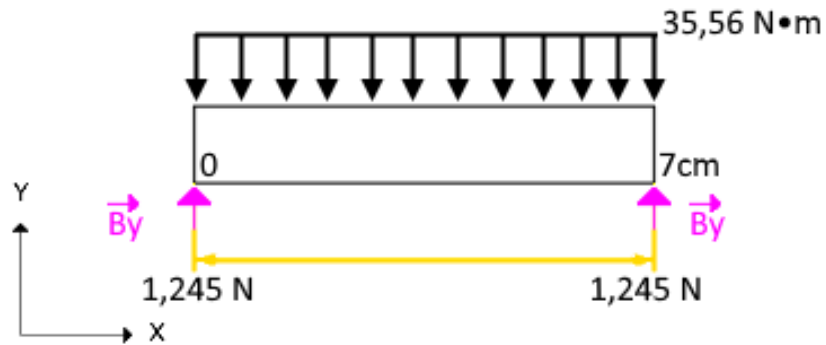
$$+ \uparrow \sum Fy = Ay - (m \cdot g) - P = 0 \quad (4.11)$$

$$Ay = 5,09 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 + 1,99 = 2,49 \text{ N} \quad (4.12)$$

$$\sum M_o = M - \sum (m \cdot g \cdot \text{sen}\theta) \cdot r = 0 \quad (4.13)$$

$$M = m \cdot g \cdot r = 3,65 \cdot 10^{-5} \cdot 9,81 \cdot 0,08743 = 3,13 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4.14)$$

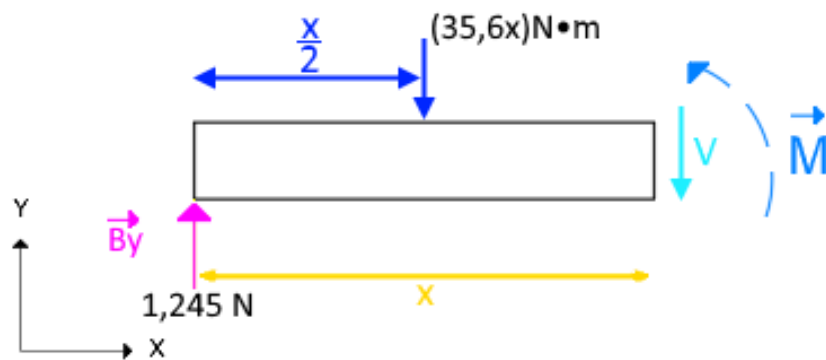
Figura 9 – Diagrama de corpo livre do eixo da roda - DCL



Fonte: Autoria própria - Autodesk Autocad 2019

$$F_{e2} = P + m = 2,489N \quad (4.15)$$

Figura 10 – Esforço cortante e momento fletor



Fonte: Autoria própria - Autodesk Autocad 2019

$$+\uparrow \sum Fy = 1,24 - V - 35,6x = 0 \rightarrow V = 35,6x + 1,24 \quad (4.16)$$

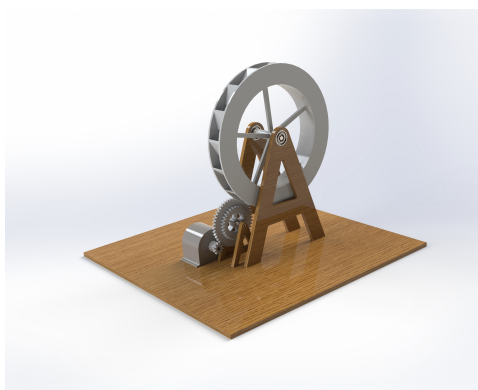
$$\text{Intervalo } 0 \leq x < 0,035m \quad (4.17)$$

$$\sum M_A = -M + 35,6x \cdot \frac{x}{2} \rightarrow M = 17,8x^2 \quad (4.18)$$

4.9 Construção do Protótipo e Análise de Custos

Primordialmente, o microgerador foi desenhado esquematicamente através do *software* SolidWorks, onde pôde-se ter uma prévia análise de como seria o projeto fisicamente conforme a Figura 11, assim foi desenhado os componentes que posteriormente foram imprimidos por meio de uma impressora 3D.

Figura 11 – Representação do sistema



Fonte: Autoria própria - SolidWorks

Na impressora 3D foram impressos, a roda d'água e as engrenagens. A base e os cavaletes foram desenhados por meio do *Software* Autodesk Autocad 2019, que foram cortados a laser, já o restante dos componentes foram adquiridos em lojas físicas.

Com o intuito de contabilizar os gastos efetuados para montagem do projeto, foi desenvolvido uma planilha de gastos para analisar de maneira econômica os custos de cada elemento necessário para a montagem do trabalho, como pode se ver abaixo.

Figura 12 – Quadro de gastos

Planilha de Gastos			
Componentes	Preço	Quant.	Total
Filamento ABS	R\$ 17,00	1	R\$ 17,00
Spray Verniz	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00
Rolamentos	R\$ 10,00	2	R\$ 20,00
Corte a laser e MDF	R\$ 25,00	1	R\$ 25,00
Barra de aço 1045	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Cooler	R\$ 12,00	1	R\$ 12,00
Led	R\$ 0,16	1	R\$ 0,16
Total			R\$ 99,16

Fonte: Autoria própria - Via Excel

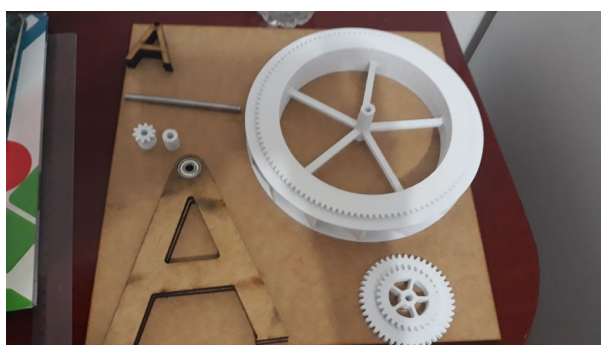
Além dos gastos, com o auxílio do *software* SolidWorks foi possível, computacionalmente, calcular a massa dos objetos compostos no presente projeto. Tais resultados foram organizados na tabela a seguir.

Tabela 1 – Massa dos componentes.

Peça	Massa (g)	Quantidade
Roda d'água	203	1
Engrenagem 1	18,6	1
Engrenagem 2	1,67	1
Suporte da roda d'água	43,1	2
Suporte da engrenagem	4,54	2
Base	583	1
Cooler	42,0	1

Depois do projeto montado, foi possível efetuar os testes, no qual foram efetuados com sucesso.

Figura 13 – Componentes



Fonte: Autoria própria

5 Resultados e discussões

Após os cálculos de potências realizados, foi possível descobrir também a eficiência do sistema. A equação que permite encontrá-la é dada por:

$$\eta = \frac{P_{u(exp)}}{P_d} \cdot 100 = \frac{8,56 \cdot 10^{-5}}{5,72 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 1,5\% \quad (5.1)$$

Devido ao protótipo ter utilizado eixos de aço, para o projeto em questão o aço 1045, os esforços exercidos pelo peso da própria roda d'água e também da água nas cubas sobre o eixo podem ser considerados desprezíveis.

Como o gerador utilizado é um *cooler*, este não apresenta eficiência significativa comparada a motores de indução maiores, devido o mesmo ser um motor de corrente contínua, há uma grande perda da energia disponível, além do atrito entre as engrenagens e também do eixo, a grande perda de energia utilizando o sistema de ampliação. Todos esses fatores implicam no desempenho do dispositivo, levando a valores insignificantes quando comparado a geradores de alto rendimento. Porém, como o trabalho em questão não adentra no estudo do motor do sistema, o mesmo teve utilidade significativa levando em consideração ao baixo custo do protótipo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho em questão resumido no desenvolvimento do protótipo de um microgerador de energia, foi testado e calculado sobre a eficiência da roda, tanto com testes experimentais quanto teóricos, para análise da viabilidade de sua construção. A partir destes testes no protótipo, foi notado que houve geração de energia através do fluxo de água na roda.

A presença de eletricidade no sistema durante a ação da energia mecânica na roda contribuiu com entusiasmo para o desenvolvimento do projeto em grande escala no local pretendido do alambique. Para que isto seja possível, há a necessidade de avaliar as condições ambientais do terreno, preocupando-se principalmente para a vazão fluvial. Com isso, se possível a implantação, a roda será capaz de reduzir gastos energéticos apropriando-se dos recursos naturais no meio rural em questão.

Além dessa questão, também pode ser analisada a parte da eficiência do microgerador, onde sua eficiência foi de 1,5%, no qual foi possível obter uma interpretação que ocorre uma perda elevada de energia, contendo vários aspectos a salientar, como atrito, características do motor utilizado e assim por diante.

Contudo, chegou-se a conclusão de que mesmo com motores de indução de pequeno porte pode levar a geração de energia, e que ao se estudar afundo sobre o sistema, é possível melhorias para o maior desempenho do sistema e aplicá-lo em propriedades rurais para aproveitamento dos recursos naturais disponíveis no local desejado, que posteriormente, o foco será otimizar o projeto, para que assim, seja capaz de aumentar essa eficiência.

Referências

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. *Geração Distribuída*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao->>. Acesso em: 18 maio 2019.

DASSIE, C. *Milhares de famílias ainda vivem sem acesso à energia elétrica no Piauí*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2016/11/milhares-de-familias-ainda-vivem-sem-acesso-energia-eletrica-no-piaui.html>>. Acesso em: 16 abril 2019.

ENIAX, Soluções em Informática. *O que é um Cooler e qual sua utilidade?*. Disponível em: <<http://www.eniiax.com.br/novidades/o-que-e-um-cooler-e-qual-sua-utilidade/>>. Acesso em: 26 junho 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. *Consumo Anual de Energia Elétrica por classe (nacional)*. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>>. Acesso em: 26 junho 2019.

GENEROSO, D.J.; **Elementos de máquina**. Araranguá. 2009. Apostila Elementos de Máquinas, módulo 3 do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina Campus Araranguá.

MACINTYRE, A.J. Máquinas Motrizes Hidráulicas. Ed. Guanabara Dois, 1983, Rio de Janeiro.

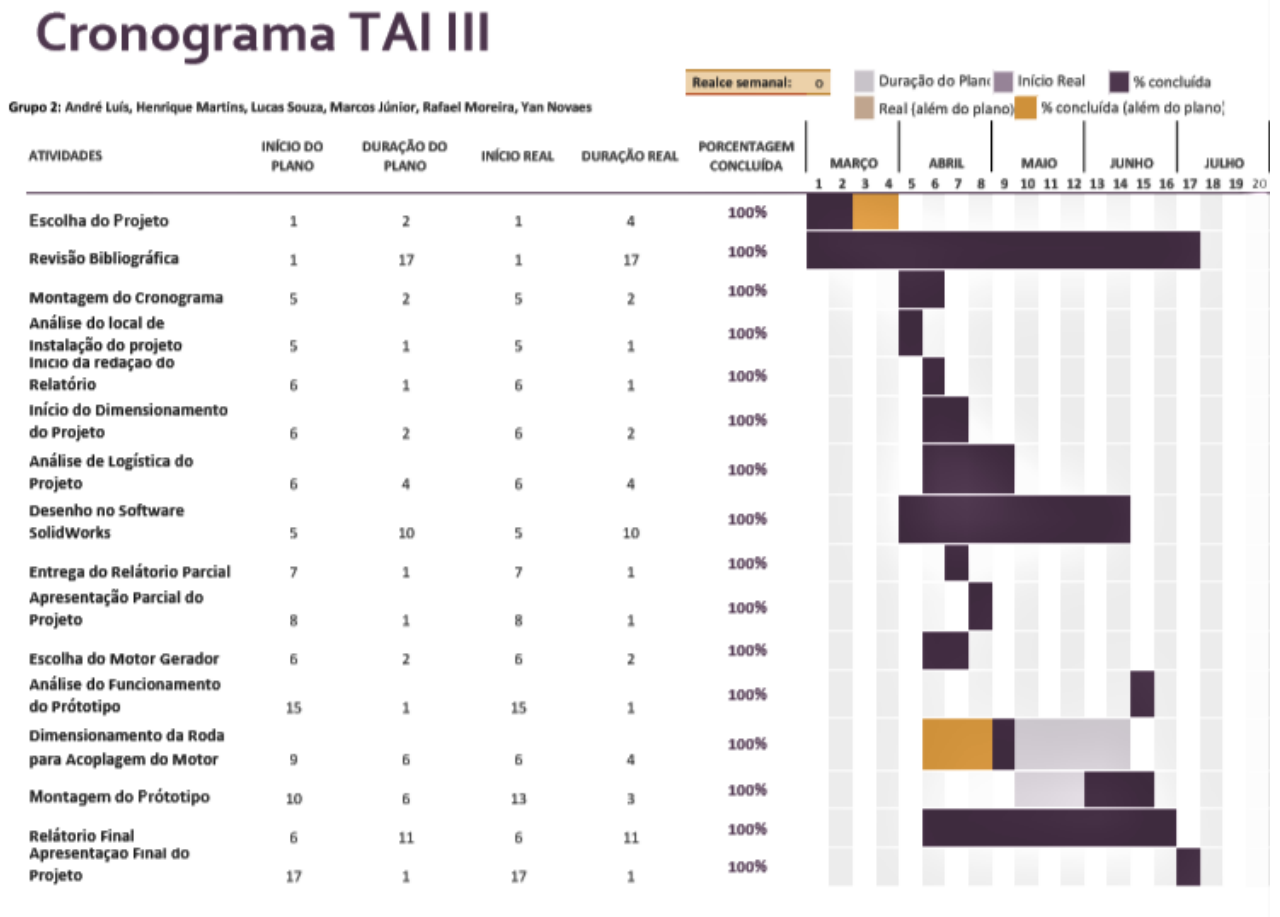
SCHMIDT, Cristiane; LIMA, Marcos. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, vol.58 n.1 Jan./Mar. 2004.

SENAI; **Elementos de Máquina**. São Paulo. 2000. Apostila Elementos de Máquinas, módulo especiais de mecânica, telecurso 2000, da Escola SENAI “Hessel Horácio Cherkassky”, do Departamento Regional de São Paulo.

SOUZA, J. C. **Desenvolvimento de aplicativo de análise técnica e econômica para adaptação de uma roda d’água acionada por cima para geração de energia elétrica no meio rural**. 2011. 60f. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

APÊNDICE A – Cronograma

Figura 14 – Cronograma



Fonte: Autoria própria