

ETEC "PROFª. ANNA DE OLIVEIRA FERRAZ"

Técnico em Mecatrônica

Arthur Silva Cuzato

RETROFIT DE UM DIVISOR UNIVERSAL: divisor universal CNC

Araraquara

2018

ETEC "PROFª. ANNA DE OLIVEIRA FERRAZ"

Técnico em Mecatrônica

Arthur Silva Cuzato

RETROFIT DE UM DIVISOR UNIVERSAL: divisor universal CNC

Araraquara

2018

Arthur Silva Cuzato

RETROFIT DE UM DIVISOR UNIVERSAL: divisor universal CNC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a ETEC "Prof.^a Anna de Oliveira Ferraz", do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito para a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica sob a orientação do Professor Reinaldo Haddad e Fernando Virgílio Bissolatti.

Araraquara

2018

AGRADECIMENTO

A Deus

A Prof. Renato Faria, por sua orientação

A Exa. Prof. Amândeo Oliveira Junior

Aos meus pais

Aos professores que contribuíram para a conclusão do TCC

Aos amigos de sempre

Dedico esta obra aos meus familiares,
amigos, e professores.

AGRADECIMENTO

A Deus;

Ao Prof. Reinaldo Haddad, nosso orientador;

À Etec Profª Anna de Oliveira Ferraz;

Aos meus pais;

Aos professores que contribuíram para a construção do TCC;

Aos colegas de classe.

Todos nós sabemos alguma coisa. Todos
nós ignoramos alguma coisa. Por isso,
aprendemos sempre.

PAULO FREIRE

RESUMO

A partir de um aparelho divisor universal para fresadora, utilizado principalmente na fabricação de engrenagens, foi feito um *retrofit*, para que este passe a receber movimento rotativo de um motor de passo micro controlado, que antes era feito através de manivela manualmente.

O objetivo dessa atualização tecnológica permitirá ao operador minimizar seu esforço quanto a utilização desse aparelho. Atualmente o aparelho divisor universal dispõe de divisão direta, indireta, e diferencial, e isso torna complexo seu uso; depois do retrofit seu manuseio fica simples, bastando o operador digitar o número de divisões desejado e o valor do módulo da engrenagem.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse projeto foi a partir de um aparelho divisor universal comum, aproveitar sua estrutura e adaptar um motor de passo para que esse realizasse o movimento rotativo programado e controlado, o que era anteriormente feito através de manivela manual. A referida adaptação consistiu em fabricar um suporte que posicionasse o motor de passo em um lugar que não atrapalhasse o movimento de inclinação do divisor quando este vai fazer engrenagens cônicas. Como a posição do motor de passo ficou um tanto quanto distante do eixo principal do divisor, houve a necessidade de transmitir o movimento do motor através de dois pares de engrenagens; essa alternativa ainda aumentou a precisão do aparelho já que a rotação do motor ficou ainda mais reduzida.

Os resultados obtidos depois de pronta a transformação, o aparelho entrou em fase de testes e apresentou resultados muito satisfatórios, atendendo a todas as expectativas do projeto. Como previsto a fresadora teve um nível de automação que a permitirá trabalhar ininterruptamente até a finalização da engrenagem sem a necessidade de intervenção ou supervisão do operador.

Concluimos, então, que a proposta do retrofit além de atender as expectativas (que já torna viável o investimento), também minimizou custos pelo fato do aparelho divisor universal não depender mais de acessórios a ele conjugados que na versão mecânica necessitaria, maximizou a produtividade e diminuiu o tempo de inatividade do processo a ele imposto.

Palavras-chave: Divisor. Engrenagens. Divisão. Fresadora. Acessórios.

ABSTRACT

From a universal splitter apparatus used mainly in the manufacture of gears, a retrofit was made so that it could receive rotational movement of a micro controlled stepper motor, which was previously done by hand crank.

The objective of this technological update will allow the operator to minimize his effort regarding the use of this device. Nowadays, the universal dividing apparatus has direct, indirect, and differential division, and this makes its use complex; after retrofit its handling is simple, simply by typing the desired number of divisions and the value of the gear module.

The methodology used for the development of this project was based on a common universal splitting device, to take advantage of its structure and to adapt a stepper motor to perform the programmed and controlled rotary movement, which was previously done by hand crank. Said adaptation consisted in the manufacture of a carrier that positioned the stepper motor in a place that would not hinder the tilting movement of the divider when it is to make bevel gears. As the position of the pitch motor became somewhat distant from the main axis of the divider, there was a need to transmit the motion of the motor through two pairs of gears; this alternative still increased the precision of the apparatus since the rotation of the engine has been further reduced.

The results obtained after the transformation was completed, the instrument entered the test phase and presented very satisfactory results, meeting all expectations of the project. As predicted the milling machine had an automation level that will allow it to work uninterrupted until the finalization of the gear without the necessity of intervention or supervision of the operator.

We conclude that the retrofit proposal, in addition to meeting expectations (which already makes the investment viable), also minimized costs because the universal divider does not rely on accessories that are more mechanical than the mechanical version, decreased the downtime of the process imposed on it.

Keywords: Divider. Gears. Division. Milling Machine. Accessories.

Lista de Figuras

Figura 1 – Fresadora Ferramenteira	12
Figura 2 – Aparelho Divisor Universal	15
Figura 3 – Engrenagem	16
Figura 4 – Aparelho Divisor Sucata.....	21
Figura 5 – Aparelho Divisor Pronto	23
Figura 6 – Desenho do Suporte	23
Figura 7 – Desenho da Engrenagem do Motor de Passo.	24
Figura 8 – Engrenagem Celeron.....	24
Figura 9 – Caixa de Comando Interna.....	25
Figura 10 – Caixa de Comando Externa.....	25
Figura 11 – Componentes Eletronicos Instalados.....	26
Figura 12 – Display Instalado.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.3. CONTEÚDO.....	11
2. USINAGEM	13
2.1. A MÁQUINA FRESADORA	13
2.2. APARELHO DIVISOR UNIVERSAL	14
2.3. ENGRENAGENS.....	15
2.4. TIPOS DE ENGRENAGENS.....	16
2.5. CÁLCULO DE ENGRENAGEM CILÍNDRICA DE DENTES RETOS	16
2.6. CÁLCULO DO APARELHO DIVISOR E SETUP DA MÁQUINA	17
3. DESENVOLVIMENTO	19
4. MECÂNICA.....	20
4.1. APARELHO DIVISOR	20
4.2. CHAPA PARA SUPORTE DO MOTOR DE PASSO	21
4.3. ENGRENAGENS	22
5. ELETRÔNICA	24
5.1. CAIXA DE COMANDO.....	24
5.2. EQUIPAMENTOS E COMPONENTES	26
6. HARDWARE E SOFTWARE	27
6.1. PROCESSADOR.....	27
6.2. PROGRAMAÇÃO.....	27
7. FUNCIONAMENTO	30
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO.....	31
9. REFERÊNCIAS.....	32
10. GLOSSÁRIO.....	33

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A mecatrônica é um dos processos de indústrias modernas que exigem ferramentas sofisticadas para produzirem em tempo real, seus diversos processos integrados. Segundos o Comitê Assessor para Pesquisa e Desenvolvimento Industrial da Comunidade Europeia (IRDAC), "Mecatrônica é a integração sinérgica da engenharia mecânica com a eletrônica e o controle inteligente por computador no projeto de processos e de manufatura de produtos". Pode-se dizer que a mecatrônica é o "futuro" das engenharias, e é responsável pelos constantes avanços tecnológicos, movendo o mundo com inovações.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo facilitar o desenvolvimento de engrenagens, maximizar a produtividade, reduzir o tempo de produção, reduzir o tempo de inatividade, e produzir um produto perfeito e sem falhas.

1.3. Conteúdo

No capítulo "**Usinagem**" é apresentada um estudo contendo características do processo e dos equipamentos usados na fabricação de engrenagens, além dos cálculos usados para o aparelho divisor universal e também, os tipos de engrenagens que podem ser feitas a partir do mesmo.

No capítulo "**Desenvolvimento**" é um resumo a respeito dos três próximos capítulos, que mostram como o projeto foi feito.

No capítulo "**Mecânica**" é descrito o passo-a-passo para a construção de toda a parte mecânica do projeto, mostrando os processos de cada parte, sendo elas: O aparelho divisor, o suporte para o motor de passo e as engrenagens para movimento do motor de passo e o eixo principal do aparelho divisor.

No capítulo "**Eletrônica**" é descrito o passo a passo para a preparação e instalação dos componentes na caixa de comando.

No capítulo "**Hardware e software**" é falado a respeito do Arduino 2560, processador utilizado para programar a máquina, através da programação C/C++.

No capítulo “**Funcionamento**” é descrito passo-a-passo como funciona a máquina, e como prepara-la para tal.

2.USINAGEM

2.1. A máquina fresadora

A fresadora é uma máquina encontrada principalmente dentro da indústria metalúrgica, em geral, estas máquinas são utilizadas com a finalidade de moldar produtos sólidos, a fim de moldar um produto eliminando o excesso de material neles. Esse maquinário pode ser usado para uma variedade de operações complexas de corte, como: corte de entalhe; rosqueamento; ranhura para encaminhamento; aplanamento; e perfuração. São também utilizadas na confecção de matrizes, que envolve moldar um bloco de aço de modo que ele pode ser utilizado para várias funções, tais como moldagem de plásticos ou para cunhagem.

A fresadora é capaz de cortar uma grande variedade de materiais, a partir do alumínio até o aço inoxidável. Este equipamento pode até mesmo ser ajustado para se mover em um ritmo mais rápido ou mais lento, de acordo com o tipo de material que está sendo usado.



Figura 1 – Fresadora Ferramenteira
Fonte: Internet.

Geralmente, um operador da máquina de fresagem executa a máquina pela alimentação do material ao longo de um dispositivo chamado de fresa. À medida que

o material é alimentado passando por um cortador, os dentes cortam através do material para dar a forma desejada. Usando aparelhos como lâminas de precisão corrediças e parafusos movimentadores, o movimento do material, bem como o cortador podem ser mantidos a menos de 0,001 polegadas (cerca de 0,025 milímetros), a fim de fazer o corte exato e extremamente preciso.

De micro, mini e de bancada na posição chão, grande, e gigante, uma máquina fresadora pode ser encontrada em uma variedade de tamanhos, elas também podem ser planas, angulares, de superfícies curvas ou irregulares, além de verticais ou terem uma orientação horizontal.

Essas máquinas podem ser operadas manualmente ou digitalmente, utilizando um aparelho chamado de computador de controle numérico ou fresadora CNC. Além dos tradicionais eixos X e Y e o eixo Z encontrado em máquinas manuais, uma máquina de fresagem CNC frequentemente contém um ou dois eixos adicionais. Estes eixos extras podem permitir uma maior flexibilidade e maior precisão.

2.2. Aparelho divisor universal

O aparelho divisor é um acessório muito utilizado na máquina fresadora para fazer divisões no movimento de giro de uma peça. Este pode executar a divisão direta (no próprio eixo em que está a peça) ou indireta.

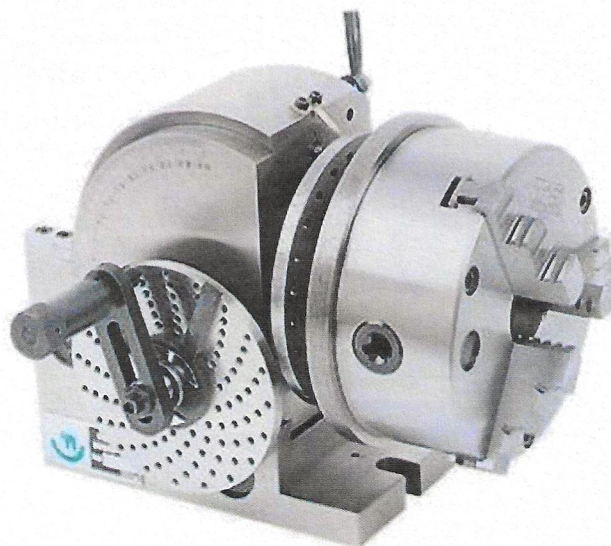


Figura 2 – Aparelho Divisor Universal.
Fonte: internet

As divisões são muito úteis, quando se quer fresar com precisão superfícies que devem guardar uma distância angular igual à distância angular de uma outra superfície, tomada como referência.

Assim, o aparelho divisor permite fresar quadrados, hexágonos, rodas dentadas (engrenagens) ou outros perfis, os quais dificilmente poderiam ser obtidos de outra forma.

O controle do movimento é feito através de furos, distribuídos ao redor e ao longo do raio do disco divisor. Cada disco divisor possui diversas camadas, cada qual com um número determinado de furos. Conforme o número de furos que se desloca, o disco gira um determinado ângulo.

2.3. Engrenagens

Roda dentada ou engrenagem é o nome dado a um objeto que geralmente é circular ou cilíndrico, cujas extremidades estão cortadas em seções, em forma de “dentes”, e são projetadas com a finalidade de compor um sistema que produz movimento. A roda dentada é usada em diversos dispositivos mecânicos, realizando vários trabalhos, especialmente em equipamentos motorizados como, por exemplo, o câmbio de um carro comum.

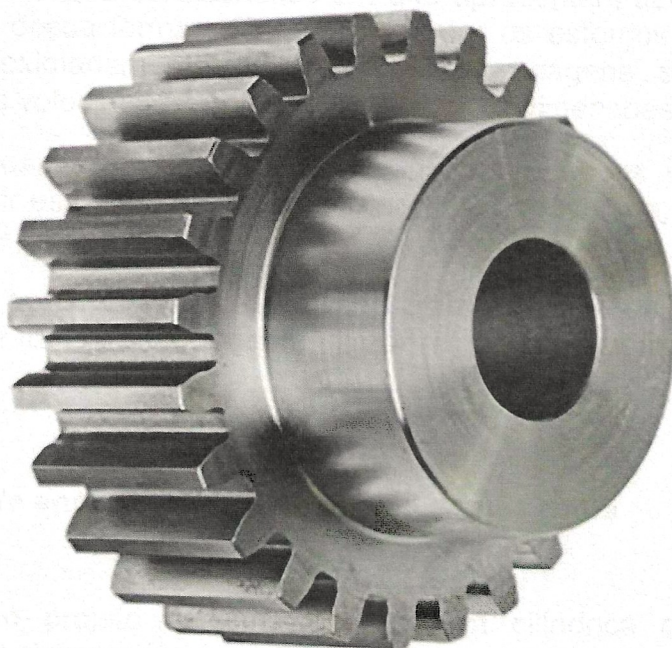


Figura 3 – Engrenagem.

Fonte: internet

2.4. Tipos de engrenagens

Existem vários tipos de engrenagem que variam de acordo com sua utilização, sendo elas:

Engrenagens cilíndricas de dentes retos: é o tipo de engrenagens mais utilizadas atualmente, tem seu nome derivado do formato cilíndrico de seu perfil, olhando-as de frente podemos ver que seus dentes são paralelos a linha de centro do furo do eixo. É geralmente utilizado para baixas velocidades e onde o ruído não é levado em conta.

Engrenagens cilíndricas de dentes inclinados ou helicoidais: Juntamente com as engrenagens cilíndricas de dentes retos são os dois tipos mais utilizados. Seu nome deriva do formato cilíndrico de seu perfil, e se olhadas de frente vemos que seus dentes são inclinados em relação a linha de centro do furo do eixo. Tais engrenagens possuem uma característica em que apresentam sempre dois ou três dentes em contato, dessa forma podemos aumentar os esforços que agem sobre esse tipo em aproximadamente 30%. Essas engrenagens são utilizadas em operações com altas velocidades, baixo nível de ruído e dimensões menores.

Engrenagens cônicas com dentes retos: São engrenagens utilizadas quando precisamos transmitir esforços ou movimento para eixos reversos, seu nome deriva do formato cônico de seu perfil.

Engrenagens tipo coroa e rosca sem fim: Utilizadas quando necessitamos de grandes relações de transmissão, podem utilizar relações de transmissão da ordem de 1:100

2.5. Cálculo de engrenagem cilíndrica de dentes retos

Para realizar o projeto de uma engrenagem cilíndrica de dentes retos, necessitamos utilizar algumas fórmulas para calcular as dimensões necessárias para a preparação da matéria prima antes da abertura dos dentes da engrenagem.

As fórmulas devem ser cuidadosamente calculadas e os resultados respeitados com grande precisão. Disso depende a forma geométrica da engrenagem para que o engrenamento entre as engrenagens seja perfeito, havendo deslizamento entre os dentes engrenados e a transmissão de movimento e força sem perdas por atrito; evitando a geração de calor e ruído inconvenientes.

O cálculo das engrenagens seguirá o método do sistema internacional por módulos. Módulo é o formato geométrico do envolvente do dente e quanto maior for o valor de módulo também será maior o tamanho do dente. Todo processo de cálculo está em função deste, como se pode observar a seguir:

$$Dp = z \cdot m$$

$$De = m \cdot (z + 2)$$

$$Di = dp - b$$

$$a = m$$

$$b = 1,166 \cdot m$$

$$h = a + b; h = 2,166 \cdot m$$

Para o caso de duas engrenagens engrenadas necessitamos calcular também a distância entre os centros das duas engrenagens, que se dá pela fórmula:

$$c = \frac{Dp_1 + Dp_2}{2}$$

Sendo, que:

Dp = Diâmetro primitivo

De = Diâmetro externo

Di = Diâmetro interno

z = Número de dentes

m = Módulo

b = Altura da raiz do dente

a = Altura da crista do dente

h = Altura total do dente

c = Distância entre centros

2.6. Cálculo do aparelho divisor e setup da máquina

Para realizar a confecção da engrenagem, é necessário também calcular as voltas da manivela no aparelho divisor, para isso, usamos uma fórmula bastante simples, porém o cálculo desta fórmula não pode ser realizado com calculadora, e sim com simplificações da fração numérica.

Depois de feitas as devidas simplificações da fração, o numerador representará a quantidade de furos que a manivela do divisor deverá percorrer, e o denominador da fração representará o disco perfurado que deverá ser utilizado para a divisão dos dentes da engrenagem.

A fórmula a ser utilizada é:

$$Vm = \frac{\text{redução do divisor}}{Z}$$

No momento de montar a fórmula o operador deverá verificar qual a redução do seu divisor, essa informação geralmente vem especificada no próprio divisor. Existem no mercado divisores com redução de 1:40, 1:60, 1:120.

Para finalizar o procedimento deve-se realizar o setup da máquina, O operador deverá primeiramente centralizar a ferramenta (fresa) com a peça depois deverá tangenciar a ferramenta com a lateral da peça e por último deverá subir a mesa da máquina de acordo com o valor h calculado anteriormente. Calcular e selecionar a melhor rotação da máquina e avanço da mesa.

3.DESENVOLVIMENTO

Este projeto tem como proposta eliminar o manuseio por parte do operador, eliminar a possibilidade de erro durante a confecção de engrenagens, pois a máquina irá trabalhar ininterruptamente até a finalização do produto, além de minimizar custos, pelo fato do aparelho divisor universal não depender mais de acessórios a ele conjugados que na versão mecânica necessitaria, maximizando a produtividade e diminuindo o tempo de inatividade do processo a ele imposto.

Para que tudo isso seja possível em um divisor basta que seja instalado nele um motor de passo que obedeça uma programação específica, assim o usuário pode inserir dados que farão com que o aparelho obedeça e realize movimentos de acordo com o que seja estabelecido.

Quando cursado a matéria Tecnologia de Manufatura II, aprendemos nessa disciplina operações básicas de usinagem em torno e fresadora, e com isso, foram observadas dificuldades no processo de produção de engrenagens, principalmente quanto ao manuseio do divisor, que requeria extrema atenção quando era movimentado, o mínimo erro em qualquer um dos dentes era suficiente para "matar" a peça.

Partiu daí a ideia de minimizar essas dificuldades encontradas fazendo um retrofit de um divisor universal mecânico transformando-o em CNC automatizando o processo.

4.MECÂNICA

4.1. Aparelho divisor



O aparelho divisor mecânico foi adquirido no ferro velho automotivo de um conhecido, o mesmo se encontrava incompleto e faltando várias partes, mas a parte principal que é o redutor 1:40 se encontrava funcionando perfeitamente.

Ele foi desmontado, limpo e lubrificado. Procedeu-se novamente a montagem do equipamento deixando de fora as partes que não seriam mais utilizadas, começamos então a etapa de medições para construirmos as peças que seriam acopladas ao equipamento, afim de realizar o retrofit. Depois das medições o aparelho foi desenhado em um software de desenho 3D, com esse desenho foi possível dimensionar e posteriormente construir as peças do projeto.

Depois disso o aparelho foi novamente desmontado e preparado para receber pintura. A parte fixa foi pintada de verde, e a móvel (onde vai a placa) foi pintada de branca.



Figura 4 – Aparelho Divisor Sucata.
Fonte: próprio autor



Figura 5 – Aparelho Divisor Pronto.
Fonte: próprio autor

¶

¶

4.2. Chapa para suporte do motor de passo

¶

Essa chapa para suporte do motor de passo foi a parte mais difícil para o desenvolvimento do projeto, devida a sua alta complexidade na parte de usinagem. Inicialmente foi comprada uma chapa lisa de $\frac{1}{4}$ " de espessura e nela foi reproduzido o formato da chapa desenhada no inventor. A grande espessura da chapa se justifica para ela poder suportar o esforço que o motor faria sem que houvesse nem um tipo de deformação.

Para recortar a chapa no formato do projeto foram envolvidas operações de: furação, fresagem, mandrilamento, alargamento de furo, roscamento, lixamento e pintura.

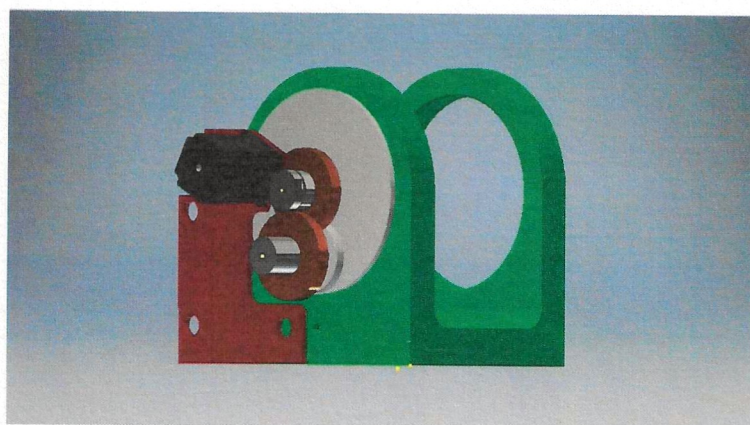


Figura 5 – Desenho do Projeto.
Fonte: próprio autor



Figura 6 – Desenho do Suporte.
Fonte: próprio autor

4.3. Engrenagens

Os dois pares de engrenagens que foram projetados tem a principal função de transmitir a rotação do motor de passo (que está fixado na parte fixa do redutor) até o eixo principal que está na parte móvel do aparelho, por isso o suporte deve sustentar o motor de passo de maneira que, quando fosse rotacionada a parte móvel a engrenagem do eixo do motor de passo não perdesse o contado com a engrenagem no eixo central.

Em razão de termos que construir esses dois pares de engrenagens, propositalmente fizemos duas reduções para que o esforço do motor ficasse menor e aumentar sua precisão. Uma das coroas fora feita de Celeron, para tentar com isso, deixar o nível de ruído de funcionamento bastante baixo.

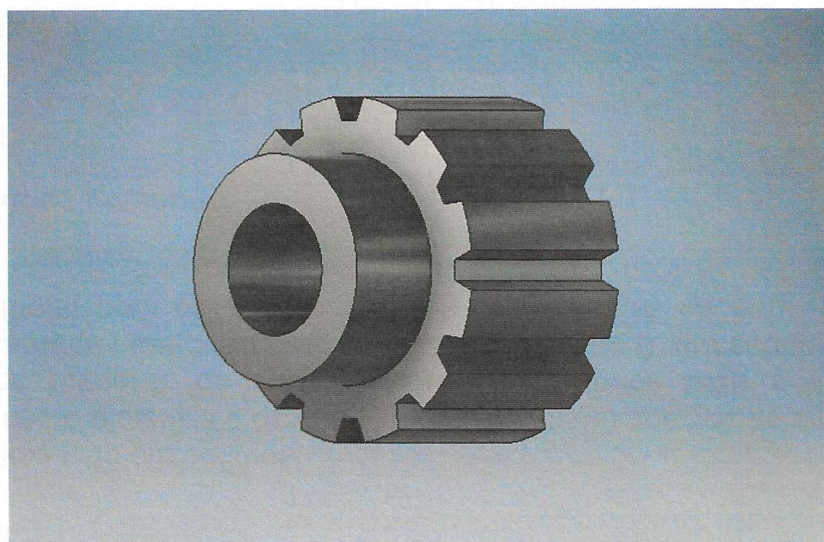


Figura 7 – Desenho da Engrenagem do Motor de Passo.
Fonte: próprio autor

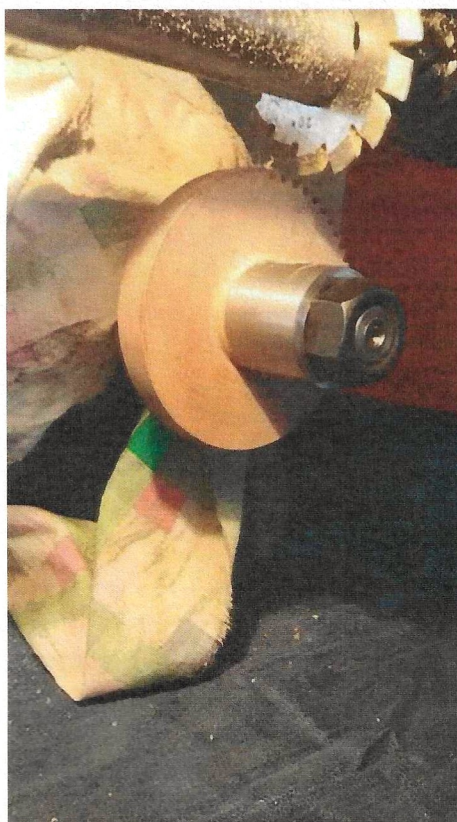


Figura 8 – Engrenagem Celeron.
Fonte: próprio autor

5.ELETRÔNICA

5.1. Caixa de comando

Para distribuir bem os equipamentos e componentes da parte eletrônica do projeto, foi comprada uma caixa de comando de tamanho (), em seguida, foi cortada uma chapa de madeira. os cortes e furos necessários para a instalação de componentes como o display e os conectores mike, além dos fios de alimentação da caixa foram feitos logo em seguida.

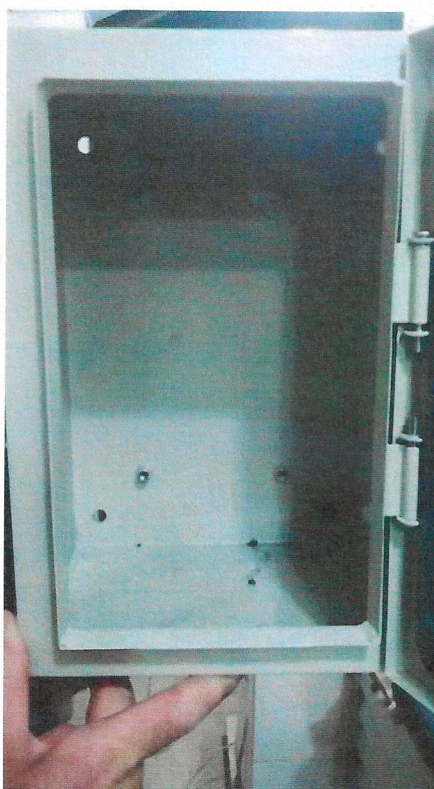


Figura 9 - Caixa de Comando Interna.
Fonte: próprio autor

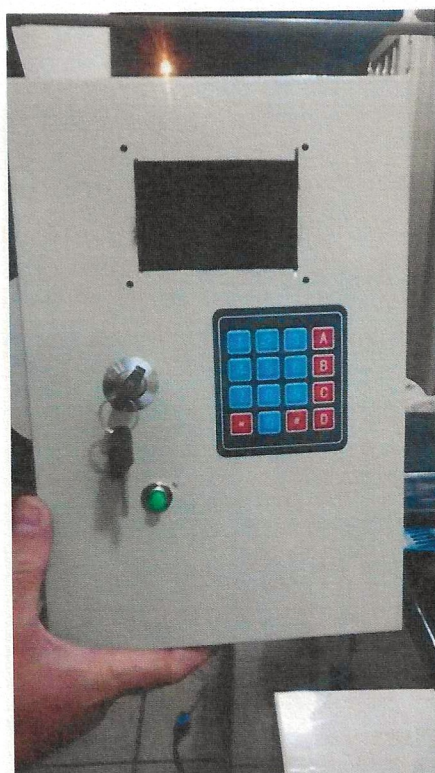


Figura 10 - Caixa de Comando Externa.
Fonte: próprio autor

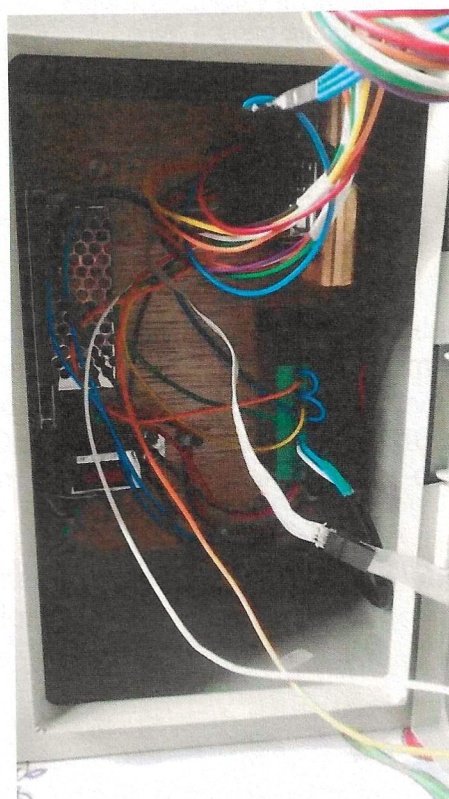


Figura 11- Componentes Eletronicos Instalados.
Fonte: próprio autor

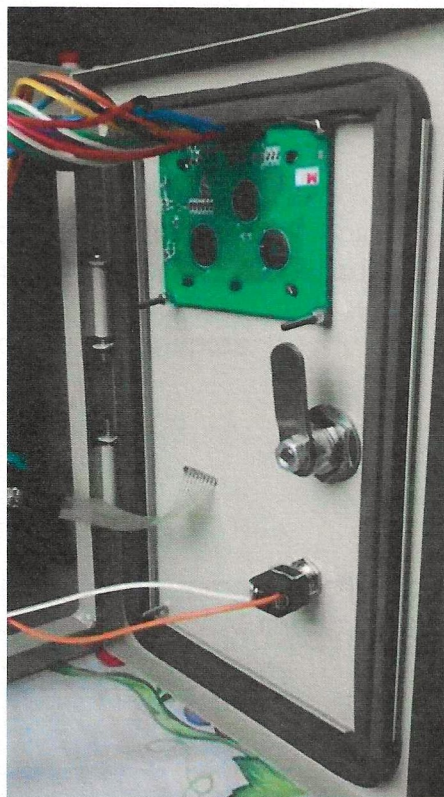


Figura 12 Display Instalado.
Fonte: próprio autor

5.2. Equipamentos e componentes

Depois da conclusão da caixa, iniciou-se a instalação dos componentes. Na parte interna foram fixados o Arduino Mega 2560, um Drive Wotion de motor de passo, uma Fonte chaveada de 5 A / 12 V, e uma chave geral. Na parte externa da caixa foram instalados o Display 128x64, um teclado 16 teclas, um push button, e 3 conectores mike, sendo um de 4 vias e os outros dois de 2 vias, onde foram ligados posteriormente os dois fins de curso.

Após a fixação dos citados, foi feita as ligações elétricas entre cada um deles, e por último o equipamento foi testado.

6. HARDWARE E SOFTWARE

6.1. Processador

Apesar da maioria dos maquinários mecatrônicos e industriais utilizarem o PIC como microprocessador, optamos por usar o Arduino 2560, pois além de maior facilidade para programa-lo, o Arduino 2560 oferece uma quantidade de portas ideal para as ligações elétricas dos componentes.

6.2. Programação

A linguagem utilizada para a programação foi a C/C++ que é a mais comumente utilizada para programar Arduinos. Segue abaixo todos os códigos utilizados para programar o projeto.

```
#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>

//keyPad definitions
const byte numRows= 4; //number of rows on the keypad
const byte numCols= 4; //number of columns on the keypad
char keyMap[numRows][numCols]=
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[numRows] = {14,15,16,17}; //Rows 0 to 3
byte colPins[numCols]= {18,19,20,21}; //Columns 0 to 3
Keypad keyPad= Keypad(makeKeymap(keyMap), rowPins, colPins, numRows,
numCols);
```



```
//LCD Display
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2 );

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
}

void loop() {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("Valor de Z = ");

  int hit = readVal().toInt();

  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print ("Modulo = ");

  hit = readVal().toInt();
}

//Data input: Enter the values and press "#"
String readVal(){
  String myString = "";
  char keyPressed = keyPad.getKey();
  while (keyPressed != '#'){
    keyPressed = keyPad.getKey();
    if ((keyPressed != NO_KEY) && (keyPressed != '#')) {
      myString.concat(keyPressed);
    }
  }
}
```



```
lcd.print(keyPressed);  
  
}  
}  
return(myString);  
}
```


7.FUNCIONAMENTO

Para a produção das engrenagens, o operador da máquina deve seguir os seguintes passos:

- 1 Ligar a máquina Fresadora;
- 2 Ligar a caixa de comando (botão interno);
- 3 Digitar no campo “número de dentes” ($z=$), a quantidade de dentes que deseja na engrenagem;
- 4 Digitar no campo “módulo” ($m=$), o valor do módulo da engrenagem;
- 5 O comando calculará automaticamente e apresentará o valor da altura do dente ($h=$);
- 6 O operador deverá elevar a mesa da fresadora pelo valor da altura do dente;
- 7 Também o comando calculará o valor do “diâmetro externo” ($De=$), do blank, sendo esse dado para simples conferência;
- 8 Apertar o botão “start” (botão verde na tampa dianteira da caixa) para iniciar o processo;
- 9 O comando entenderá que o processo se iniciou, começa a contagem dos dentes usinados e avança a mesa da fresadora para a primeira usinagem;
- 10 No display, conforme são usinados, dente após dente, há uma contagem onde ele mostra qual dente está sendo usinado;
- 11 Depois de feito todos os passos citados, a máquina irá realizar sozinha a produção da engrenagem, a mesa da fresadora irá se movimentar horizontalmente para que a fresa abra o primeiro dente da engrenagem até bater no primeiro fim de curso (FC1), depois disso, a mesa para e o programa contará 2 segundos e retornará a mesa para a posição inicial, onde a mesma baterá no segundo fim de curso (FC2), que fará com que a mesa pare por dois segundos, o programa do comando para o motor de passo move o eixo principal a quantidade de graus necessários para a produção do próximo dente da engrenagem, depois do fim do giro espere mais dois segundos;
- 12 O processo inicia o movimento da mesa novamente a partir do passo 9. No final do processo todos os dentes estarão divididos igualmente dentro dos 360° do material;
- 13 Após ter aberto todos os dentes que o operador de máquina requisitou, a máquina para e fica esperando nova ação do operador ou o desligamento total.

8. CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento do trabalho surgiram algumas dificuldades, como já era esperado, levando em consideração que um maquinário mecatrônico envolve no mínimo três áreas de atuação, a saber, mecânica, eletrônica e informática, é certo que apareceriam contratempos no desenvolvimento das três áreas. Mas há quem diga que se fosse tudo direitinho, não teria graça. O bom disso é que em meio as dificuldades também vieram as superações e o aprendizado foi ainda maior.

Contudo, o desenvolvimento do trabalho foi muito satisfatório, pois pôde-se ver que de apenas um desenho em um software, a máquina aos poucos foi se concretizando. Além disso, o conhecimento adquirido em sala de aula, somado ao obtido em consequência a construção do projeto, amadureceu os conceitos e a compreensão sobre o curso. Tive a real oportunidade de colocar todo conhecimento teórico em prática.

Depois de pronta a transformação, o aparelho entrou em fase de testes e apresentou resultados muito satisfatórios, atendendo a todas as expectativas do projeto. Porém, inesperadamente a fresadora teve um nível de automação tão surpreendente que a permitirá trabalhar ininterruptamente até a finalização da engrenagem sem a necessidade de intervenção ou supervisão do operador.

Concluimos, então, que a proposta do retrofit além de atender as expectativas (que já torna viável o investimento), também minimizou custos pelo fato do aparelho divisor universal não depender mais de acessórios a ele conjugados que na versão mecânica necessitaria, maximizou a produtividade e diminuiu o tempo de inatividade do processo a ele imposto.

9.REFERÊNCIAS

Sem autor. **O que é uma fresadora.** Mecânica industrial. Disponível em:

<https://www.mecanicaindustrial.com.br/o-que-e-fresadora/>

Sem autor. **Fresando com o divisor universal.** Blog da mecânica, 2010. Disponível em:

<http://mecanica-blog.blogspot.com/2010/05/fresando-com-o-divisor-universal.html>

SANTIAGO, Emersom. **Roda dentada.** Info Escola, 2012. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/tecnologia/roda-dentada/>

CASILLAS, A.L. **Máquinas: Formulário Técnico.** Editora Mestre Jou, 1987.

FISCHER, Ulrich; GOMERINGER, Roland; HEINZLER, Max; KILGUS, Roland; NÄHER, Friedrich; OESTERLE, Stefan; PAETZOLD, Heinz; STEPHAN, Andreas. **2ª edição brasileira do MANUAL DE TECNOLOGIA METAL MECÂNICA.** Blucher, 2014.

Profº Flávio, **Módulos para Arduino - Vídeo 03 - Teclados Matriciais,** Brincando com idéias. Disponível em:

<https://youtu.be/-gWSZ6MKGPE>

RAMBO, Wagner. **DISPLAY GRÁFICO 128x64 (INTRODUÇÃO) | Curso de Arduino #179.** WR Kits. Disponível em:

<https://youtu.be/3As1qnc0INI>

Sem autor. **Display gráfico LCD 128x64 - ST7920.** Arduino e Cia. Disponível em:

<https://www.arduinoecia.com.br/2013/09/display-grafico-lcd-128x64-st7920.html>

10. GLOSSÁRIO.

Abreviatura: representação de uma palavra por meio de alguma (s) de suas sílabas ou letras.

Agradecimento: folha onde o autor faz agradecimentos dirigidos àqueles que contribuíram de maneira relevante à elaboração do trabalho.

Anexo: texto ou documento não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração.

Apêndice: texto ou documento elaborado pelo autor, a fim de complementar sua argumentação, sem prejuízo da sua unidade nuclear do trabalho.

Capa: proteção externa do trabalho e sobre a qual se imprimem as informações indispensáveis à sua identificação.

Citação: menção no texto, de uma informação extraída de outra fonte.

Dedicatória: folha onde o autor presta homenagem ou dedica seu trabalho.

Dissertação: documento que representa o resultado de um trabalho experimental ou exposição de um estudo científico retrospectivo, de tema único e bem delimitado em sua extensão, com o objetivo de reunir, analisar e interpretar informações. Deve evidenciar o conhecimento de literatura existente sobre o assunto e a capacidade de sistematização do candidato. É feito sobre a coordenação de um orientador (doutor), visando à obtenção do título de mestre.

Planilha de Custos

Descrição	Valor [R\$]
Divisor Universal (sucata)	300,00
Material para as engrenagens e suporte motor	70,00
Motor de passo Nema 23, 24Kgfc/cm	180,00
Drive WD2404	60,00
Fonte Chaveada 5 A, 60W, 12V	50,00
Arduino Mega 2560	186,00
Display 128x64	59,00
Teclado 16 teclas	9,00
Caixa de comando 20x20x30	70,00
Botoeiras, Conectores Mike, Fim de Curso	78,00
Tinta spray	45,00
Diversos	50,00
TOTAL	787,00