

CAPÍTULO III - PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE UM REDUTOR COM MONITORAMENTO DE ROTAÇÕES

Leandro Piccirilli¹

Marcos Bernardode Lima²

Paulo Broniera Junior³

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de uma bancada didática para demonstração de sistemas de redutores de velocidade, com o monitoramento das rotações de entrada e de saída e, utilizando uma placa controladora (Arduino). Objetiva-se exemplificar aos acadêmicos seus principais componentes, funcionamento e dimensionamento. A aplicabilidade desses fundamentos é de grande importância para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos dentro da indústria. A concepção do projeto é apresentada por meio de uma bancada didática em escala reduzida, e espera-se assim contribuir para sua futura construção, ampliando o entendimento a respeito da implantação e dimensionamento e gerenciamento de redutores.

Palavras-chave: Bancada didática. Redutor. Arduino.

PROJECT OF A DIDACTICAL BENCH OF A REDUCER

ABSTRACT

This work presents the development of the design of a didactic bench to demonstrate speed reducer systems, with the monitoring of the input and output rotations using a controller board (Arduino). It aims to exemplify to the academic its main components, operation and dimensioning. The applicability of these fundamentals is of great importance for the development of machines and equipment within the industry. The design of the project has been developed a small-scale didactic workbench, and it is hoped to contribute to its future construction, broadening the understanding regarding the implantation and dimensioning and management of reducers.

Key-words: Didactic bench. Reducer. Arduino.

¹ Graduando do curso de tecnologia em manutenção industrial da faculdade de tecnologia SENAI londrina leandro_pbt@hotmail.com

² Mestre em tecnologia. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina marcos.lima@pr.senai.br

³ Mestre em engenharia elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina Paulo.bronieira@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

A principal função de um redutor na indústria é reduzir a rotação de um acionador em relação ao motor, utilizando para tal seus principais componentes: eixo de entrada, eixo de saída, rolamentos, carcaça e engrenagens. A necessidade de elevar o torque de motores durante seu funcionamento faz com que o dimensionamento de redutores e seus componentes assumam importância em projetos de máquinas e equipamentos. Estudos teóricos relacionados ao cálculo e dimensionamento de redutores são fundamentos essenciais para o entendimento dessa área de conhecimento, ministrados em cursos voltados para a área mecânica e de manutenção.

Segundo Amorim (2006) bancada didática é ferramenta indispensável para ensino, levando em conta que os conceitos vistos apenas na sala de aula são muitas vezes insuficientes para o aprendizado. Partindo desse paradigma, o principal objetivo do trabalho é desenvolver um projeto de uma bancada didática de redutor, com a finalidade de ser utilizada como ferramenta de aprendizagem para complementação do ensino, de forma que o aluno compreenda as características físicas e mecânicas de um sistema de redutor. Será utilizado um microprocessador Arduino para monitorar e exibir as rotações de entrada e saída do equipamento.

Esse trabalho tem significativa importância na área de manutenção industrial, melhorando a compreensão acerca do funcionamento de redutores. Dessa maneira, espera-se contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos acadêmicos dos cursos relacionados com a área de manutenção industrial.

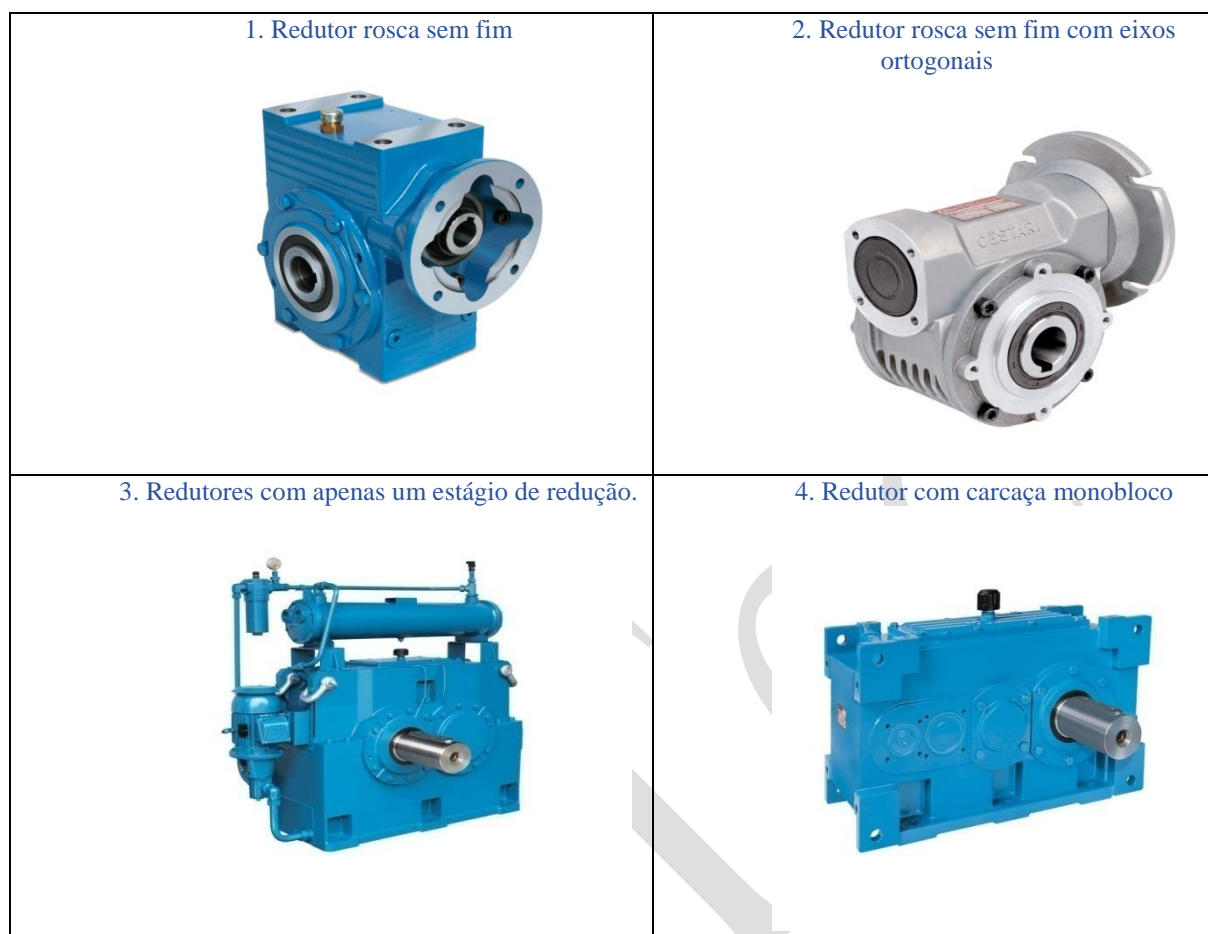
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REDUTORES DE VELOCIDADE

Segundo Santos (2013), redutores de velocidade são máquinas que utilizam basicamente engrenagens, como meio para redução de velocidade, resultando em aumento de sua potência, ou seja, força capaz de girar ou deslocar alguma coisa. Niemann (2011) afirma que existem vários tipos de redutores, por exemplo: redutores a rosca sem fim, redutores com eixos ortogonais, redutores com apenas um estágio de redução e redutores com carcaça monobloco (Figura 1). Entre suas diferentes características, a quantidade de engrenagens depende diretamente da potência da redução projetada em

sua construção, podendo ser de redução simples, redução dupla, redução tripla ou de redução quádrupla.

Figura 1: Tipos de Redutores

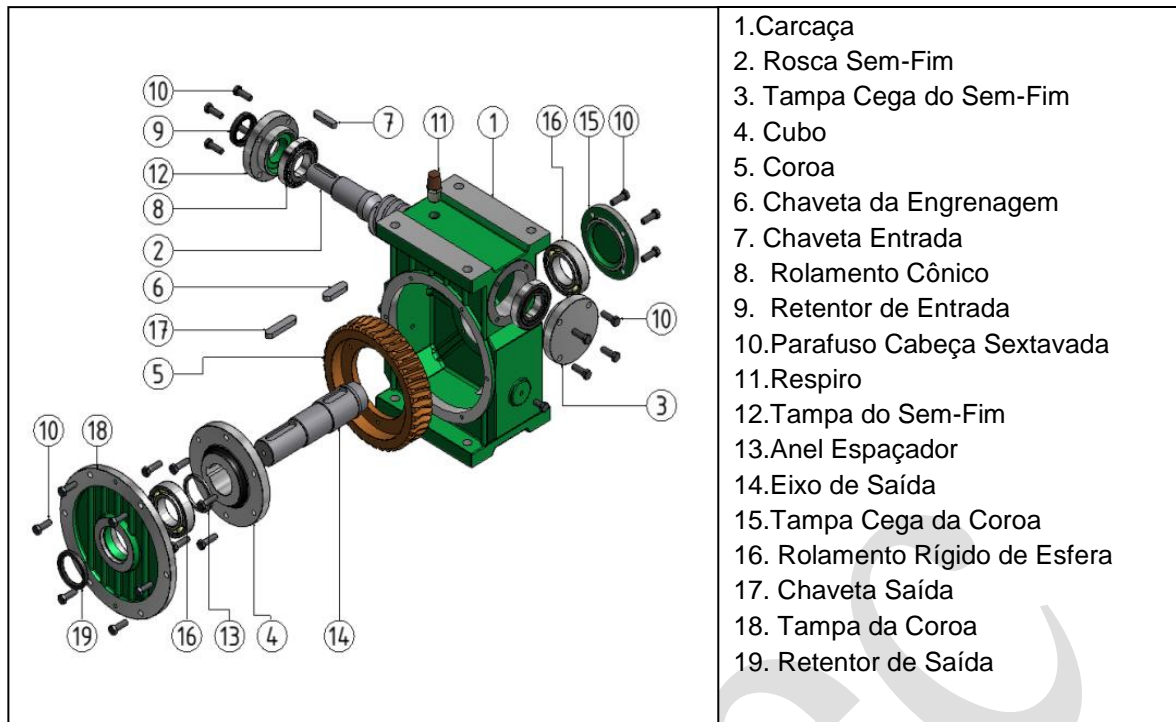


Fonte: Weg (2017)¹

De acordo com Santos (2013), os defeitos mais comuns para um redutor são: rolamentos danificados, retentores danificados, eixos tortos, eixos desgastados, lubrificação incorreta, engrenagens desgastadas, centro a centro incorretas, chavetas desgastadas, parafusos espanados e ajuste incorreto de alguns elementos como, rolamento e eixo, rolamento e caixa, engrenagem e eixo e acoplamento e eixo. A figura 2 mostra as principais partes internas de um redutor .

Figura 2: Redutor com Rosca sem Fim

¹Disponível em <http://www.wegcestari.com.br>



Fonte: Transmaq¹

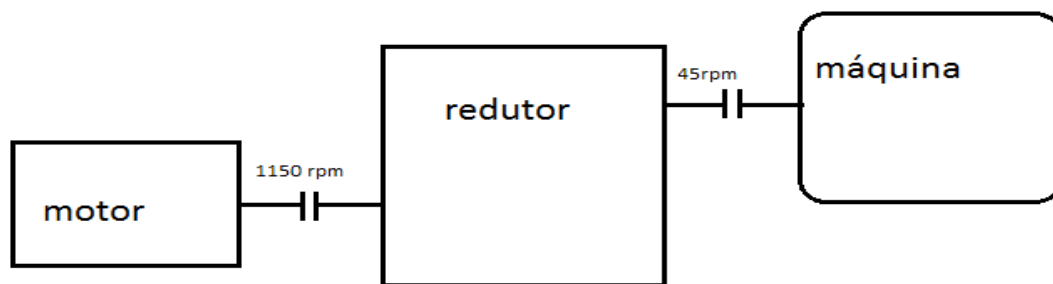
2.1.1 Dimensionamento

De acordo com Santos (2013) para dimensionar um redutor de velocidade deve-se levar em consideração alguns dados, dentre eles a potência mecânica na saída, a rotação de saída, tipo de máquina acionado, tempo diário de operação em horas, partidas, forças radiais e axiais, tipo de construção e potência de motor.

Para calcular a redução é simples, basta dividir as rotações por minuto (RPM) de entrada, pelo RPM de saída, essa diferença de rotação se dá pela relação entre o número de dentes do pinhão ou rosca sem fim dependendo do tipo de redutor e a coroa, ou seja quanto maior for a diferença no número de dentes menor será a rotação de saída em comparação com a rotação de entrada. Exemplo: a rotação de entrada de um redutor de velocidade é 1150 rpm e a rotação de saída é 45 rpm, basta fazer a divisão da rotação de entrada pela rotação de saída, ou seja $1150 \div 45 = 25,55$, então a relação é de: 1:25,55 como mostrado na figura 3.

Figura 3: dimensionamento

¹ Disponível em: WWW.Transmaq.com.br/linha-tr/ Acesso em 17/05/2018.



Fonte: Do autor

2.1.2 Rendimento

Para Norton (2010), a definição de rendimento por engrenagens é dada pela potência de saída em relação à potência de entrada, expressa em porcentagem. O rendimento das engrenagens de dentes retos varia de 98% a 99%. As engrenagens de dentes helicoidais devem ser montadas em conjuntos com rolamentos em seus eixos para que elas não se movimentem ao longo do seu eixo. Um conjunto de engrenagens de dentes helicoidais possui um rendimento de 96% a 98%.

2.1.3 Redução e Transmissão por Correias

De acordo com Marco (2013), correias são um meio de transmissão que tem como característica o funcionamento essencialmente por atrito, e podem ser utilizada tanto em pequenas distancias como em distancias maiores, quando a polia motora é menor que a polia movida ocorre a redução de velocidade. Na qual para se calcular a relação de redução deve-se utilizar o diametro da polia motora em relação a polia movida.

2.2 BANCADA DIDÁTICA

Segundo Pekelman e Mello (2004) os engenheiros devem ser capazes de aplicar a ciência e a tecnologia abordada nas faculdades à prática. Ou seja, para que isso aconteça às instituições de ensino devem proporcionar aos alunos a oportunidade de interagir, na prática, com os temas que estão sendo abordado de forma teórica. Os laboratórios das faculdades através das bancadas didáticas oferecem esse complemento ao aluno, para que possa desenvolver suas habilidades para o atendimento das necessidades reais, como é visto na prática. Além disso, esses laboratórios também podem servir como ferramenta para o treinamento da criatividade dos estudantes. Um ponto fundamental é a

segurança oferecida pelo equipamento, por se tratar de uma bancada didática que possui um motor e elementos mecânicos que podem causar ferimentos graves.

A figura 4 mostra três modelos de bancadas didática existente no mercado:

Figura 4: Modelos de bancadas existente no mercado



Fonte: Soma (2018)¹

2.3 ARDUINO

De acordo com Monk (2014), o Arduino é uma pequena placa de micro controlador que pode ser ligada a um computador via USB. Possui vários pinos de conexões digitais e analógicos que podem ser ligadas em circuitos externos como motores, relés, auto-falantes, diodos, laser, microfones, sensores luminosos etc. Para realizar a alimentação do Arduino pode se utilizar a própria alimentação fornecida. Pode ser energizado através de uma conexão USB a partir de um computador ou de uma bateria de 9v. Pode ser controlado diretamente de um computador ou podem primeiro ser programados através da linguagem C++ através de um computador e, a seguir desconectados para trabalharem de forma autônoma.

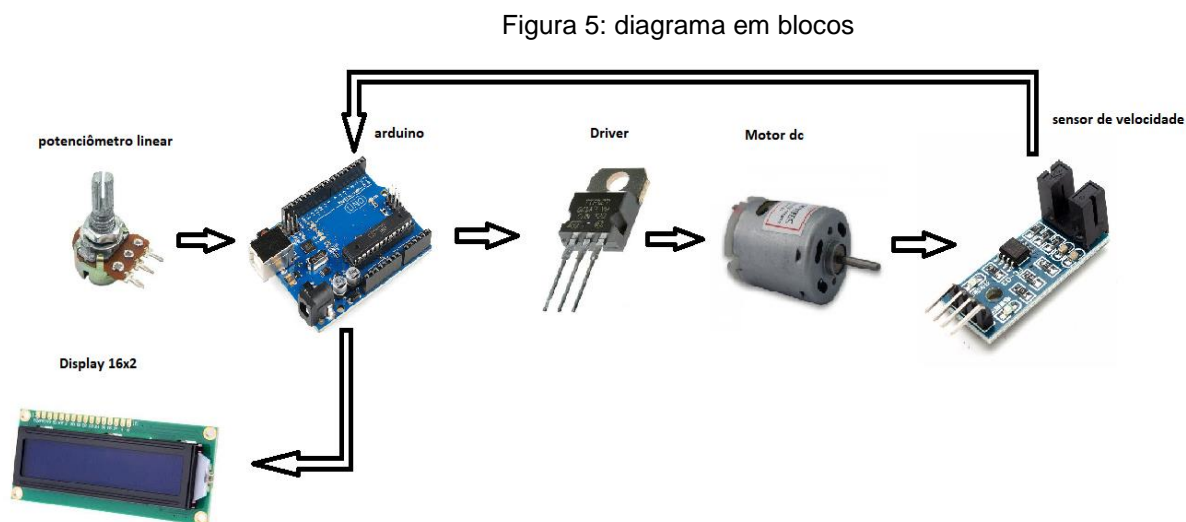
3. METODOLOGIA

Este projeto de pesquisa foi planejado e desenvolvido baseado em diferentes conhecimentos adquiridos durante o curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade Senai de Londrina. As principais referências utilizadas basearam-se em livros, artigos e websites que

¹ Disponível em <https://www.soma.eng.br>

abordam elementos de máquinas e tecnologia embarcada. Foram utilizadas as dependências do SENAI Londrina para desenvolver o programa do micro controlador responsável por fazer e entregar a leitura das rotações. Foi utilizado o software Arduino.

O trabalho trata-se do desenvolvimento de uma bancada didática, a figura 5 apresenta um diagrama em blocos do trabalho.



Fonte: do autor

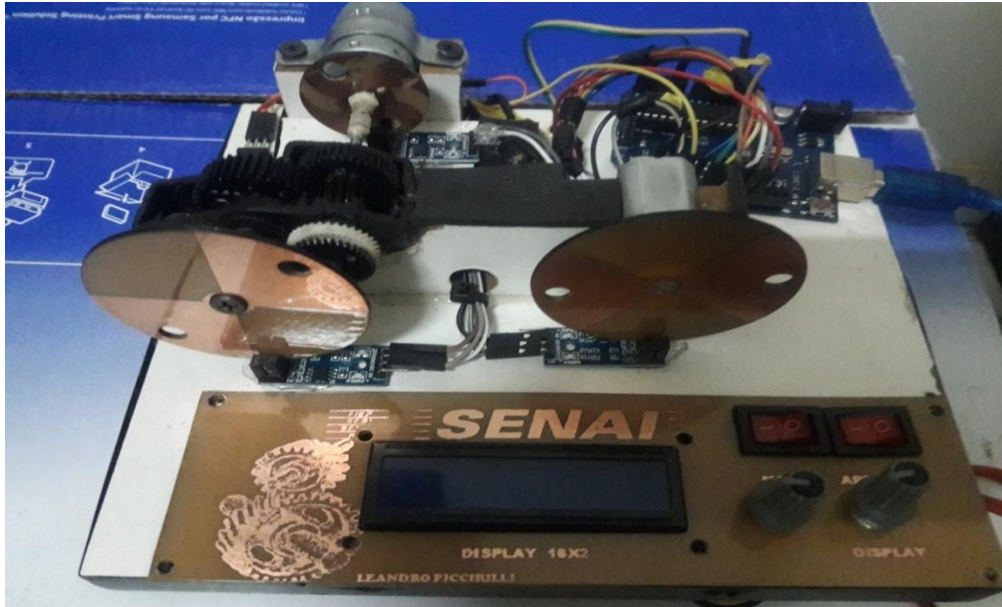
O motor é acionado por meio de uma frequência de um sinal PWM, o potenciômetro está ligado no AD do Arduino que gera um PWM de 0% a 100% que controla a velocidade do motor de 0 a 100%, o *encoder* monitora essa velocidade e a envia para o Arduino, que por sua vez, envia os valores para o display para que possam ser visualizadas as rotações geradas durante o funcionamento da bancada.

O arduino escolhido foi o modelo uno r3, por ser um dos mais usados e ter um ótimo custo benefício, ele conta com 14 portas digitais e 6 portas analógicas que são mais que suficiente para o projeto, o TIP 122 (driver) é um transistor de alto ganho do tipo NPN que é usado pra amplificar o sinal pwm do arduino e entrega a tensão para o motor de acordo com a largura do pulso enviado pelo arduino, o micro motor usado é um micro motor 12volts que pode chegar a 6000 RPM sem carga a escolha foi por disponibilidade, o sensor de rotação usado foi o lm393 que funciona com contagem de pulsos para definir a rotação, o display usado é o 16x2 de LCD esse display tem 16 colunas e 2 linhas, com backlight (luz de fundo) azul e letras na cor branca.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para validar a proposta apresentada neste trabalho, foi construída uma bancada em escala reduzida conforme apresentada pela figura 6.

Figura 6: bancada em escala reduzida



Fonte: Do autor

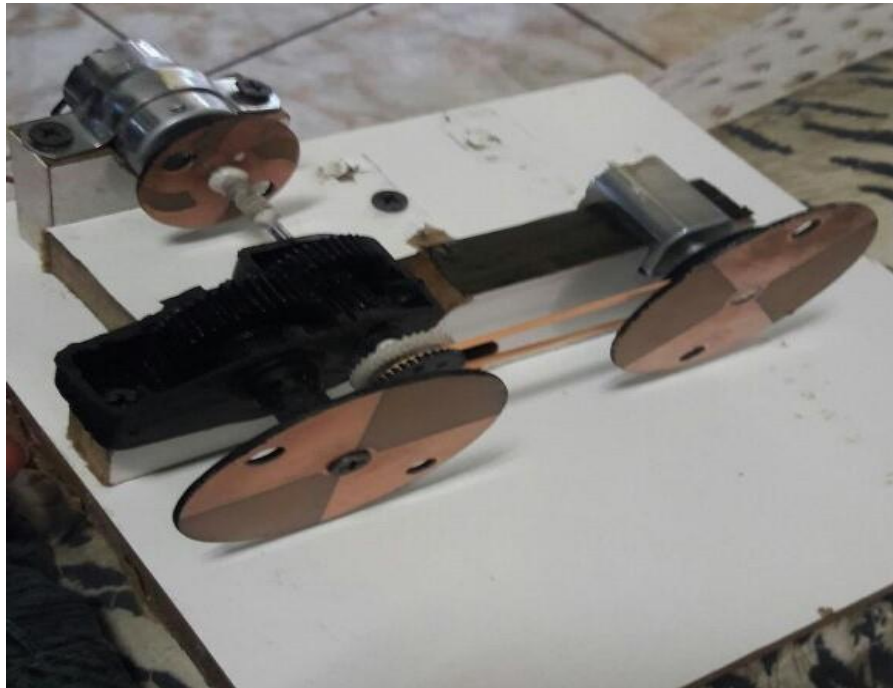
Para a construção da bancada em escala reduzida, foi utilizada uma base de madeira para acomodar os componentes como apresentado na figura 7. Foi utilizado um microprocessador Arduino Uno R3, na qual foi desenvolvida uma programação na linguagem C++ como mostrado no apêndice A, também foram usados três sensores encoder LM393 para monitorar as rotações, um display 16 x 2 para mostrar as rotações como mostrado na figura 8, um micro motor 12v, um TIP 122 ncomo driver, dois potenciômetros um de 1k sendo um para regular a intensidade da luminosidade do display e o outro para controlar a velocidade do motor, dois botões, um para ligar o Arduino e outro para ligar o motor.

Para a confecção dos discos que são utilizados para visualização das rotações, e a placa de acabamento do display, foi utilizada uma técnica de corrosão para placa de fenolite (placa de um material isolante normalmente fibra com uma lamina de cobre sobre ela), que é a mesma técnica utilizada para desenvolver circuitos impressos.

Essa técnica consiste em transferir uma imagem impressa por uma impressora a laser em um papel tipo fotográfico (utilizado para imprimir fotografias) para uma placa de fenolite, normalmente para fazer essa transferência é utilizado o ferro de passar roupa, que é pressionado contra o papel sobre a placa de fenolite para que a temperatura e a pressão

passa a imagem impressa no papel para placa de fenolite, a figura 9 mostra a placa de fenolite após receber a impressão, após essa etapa é feito a corrosão da película de cobre na placa, para essa etapa é utilizado o percloroeto de Ferro, que deverá corroer os locais da placa onde não há a existência de tinta, deixando apenas o cobre nos locais que existe a tinta.

Figura 7: Bancada em escala reduzida sem os componentes eletronicos



Fonte: do autor

Figura 8:display mostrando as rotações do motor e das dois discos de saída (S1 e S2)



Fonte: do autor

Figura 9: placa de fenolite após receber a transferencia da imagem



Fonte: do autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo o desenvolvimento de uma bancada didática com auxílio de tecnologia embarcada em escala reduzida; a tecnologia embarcada tem a missão de monitorar e mostrar as rotações geradas durante o funcionamento da bancada, tanto a rotação do motor quanto as rotações de saída do redutor por engrenagem e da redução por corrente.

Durante o desenvolvimento da bancada foi necessário a elaboração do programa em linguagem C++ que é a linguagem para programação do arduino, a partir desse trabalho de programação. É possível que um futuro pesquisador utilize essa programação para implementação em uma bancada didática que seja necessário o monitoramento de uma ou mais rotações, pois tanto a programação quanto os componentes utilizados podem ser utilizado em qualquer escala de maquinas.

Fica também como sugestão para trabalhos futuros a construção física da bancada didática de sistemas de redutor em escala real, na qual pode ser utilizado o programa solidworks para o desenho técnico, e como elementos para montagem levando em consideração os tipos de redutores mais utilizados e a disponibilidade atual na instituição e também os custos seguem sugestões dos materiais Para a montagem da bancada didática. Um motor elétrico de 0,5 cv - 4 pólos - 110/220V – WEG, um redutor Weg Cestari Magma com redução de 40-1, um acoplamento motor/redutor Medeflex MN de pequeno porte, para o monitoramento das rotações obtidas será utilizado um micro controlador

Arduino Uno r3, 3 sensores de velocidade lm393, tipo chave óptica e um display LCD 16x2 12c PCF8574.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. J. **Desenvolvimento de Bancada Didático-Experimental de Baixo Custo para Aplicações em Controle Ativo de Vibrações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2006.

COLLINS, J. A. Projeto **Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção de Falha**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MARCO, F. **Elementos de Máquinas II – Correias** (2013). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfou0AD/correias-2?part=8>>. Acessado em: Abril 2013.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de maquinas**. 10. ed. Sao Paulo: Érica, 2012. 376 p.

MEVI ENGRENAGENS (São Paulo). **Manutenção de redutor de velocidade**. Disponível em: <<http://www.mevi.com.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

MONK, Simon. **30 projetos com Arduino: dados eletrônicos**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2014

NIEMANN, Gustav. **Elementos de maquinas**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

NORTON, L. R. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada**. Trad. de João Batista de Aguiar et al. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PEKELMAN, H.; MELLO Jr. A.G.; **A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica**. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/01_219.pdf>. Acesso em: 25 Jun 2017.

RANGHETTI. **Catalogo de produtos**. Disponível em: <<http://www.ranghettiengrenagens.com.br>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

REDUTORES, Weg. **Catalogo de redutores**. Disponível em: <<http://www.wegcestari.com.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SANTOS, Valdir Aparecido dos. **Manual pratico da manutenção industrial**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2013. 301 p.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

```
*
*/

// Definicoes dos pinos
#define pinMotor 2
#define pinS1 4
#define pinS2 3
#define Periodo 1000 //periodo de amostragem em milissegundos

unsigned int rpmMotor = 0, rpmS1 = 0, rpmS2 = 0; //Numero de rotacoes
float rpmMotorPrint = 0, rpmS1Print = 0, rpmS2Print = 0; //Valor em RPM
boolean pMotor_ant, pMotor_atu, pS1_ant, pS1_atu, pS2_ant, pS2_atu;
//Variaveis pra controle de variacao de borda
unsigned long timeold; //Varivael pra contagem de tempo
int pot;

//Inclui a biblioteca do LCD
#include <LiquidCrystal.h>
//Define os pinos para inicializar o LCD
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11, 12);

void setup()
{
    //Inicializa o LCD
    lcd.begin(16, 2);

    //Inicializa as portas
    pinMode(pinMotor, INPUT);
    pinMode(pinS1, INPUT);
    pinMode(pinS2, INPUT);

    //Inicializa a comunicacao serial
    Serial.begin(9600);

    //Inicializacao das variaveis
    timeold = 0;
    pMotor_ant = LOW;
    pMotor_atu = LOW;
```

```

    pS1_ant = LOW;
    pS1_atu = LOW;
    pS2_ant = LOW;
    pS2_atu = LOW;
}

void loop()
{
    pot= analogRead(A1)/4;
    analogWrite(6,pot);
    //Atualiza o nivel anterior das portas
    pMotor_ant = pMotor_atu;
    pS1_ant = pS1_atu;
    pS2_ant = pS2_atu;

    //Atualiza o nivel atual das portas
    pMotor_atu = digitalRead(pinMotor);
    pS1_atu = digitalRead(pinS1);
    pS2_atu = digitalRead(pinS2);

    // Contagem de rotacoes
    if(pMotor_ant == LOW && pMotor_atu == HIGH){
        rpmMotor = rpmMotor + 1;
    }
    if(pS1_ant == LOW && pS1_atu == HIGH){
        rpmS1 = rpmS1 + 1;
    }
    if(pS2_ant == LOW && pS2_atu == HIGH){
        rpmS2 = rpmS2 + 1;
    }

    //Calculo em rpm da rotacao a cada 1s
    if(millis()-timeold>Periodo){
        rpmMotorPrint = 30*rpmMotor*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmS1Print = 30*rpmS1*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmS2Print = 30*rpmS2*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmMotor = 0;
        rpmS1 = 0;
        rpmS2 = 0;
        timeold = millis();
    }

    //Printa tudo no LCD e na terminal
    lcd.clear();
    lcd.print("MOTOR=");
    lcd.print((int)rpmMotorPrint);

```

CARCCAA

```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("S1=");  
lcd.print((int)rpmS1Print);  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("S2=");  
lcd.print((int)rpmS2Print);  
Serial.print("MOTOR=");  
Serial.println((int)rpmMotorPrint);  
Serial.print("S1=");  
Serial.println((int)rpmS1Print);  
Serial.print("S2=");  
Serial.println((int)rpmS2Print);  
  
}
```

E-TEC