

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR EM  
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

SILMAR DE BAIROS  
PAULO AUGUSTO HASS

**AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DOS VIBRADORES DA  
MÁQUINA RECHEADORA DE BISCOITOS DA EMPRESA NINFA  
ALIMENTOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA  
2013

SILMAR DE BAIROS  
PAULO AUGUSTO HASS

**AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DOS VIBRADORES DA  
MÁQUINA RECHEADORA DE BISCOITOS DA EMPRESA NINFA  
ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Samir de Oliveira Ferreira  
Coorientador: Prof. Me Filipe Marangoni

MEDIANEIRA  
2013



---

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **AUTOMATIZAÇÃO DO CONTROLE DOS VIBRADORES DA MÁQUINA RECHEADORA DE BISCOITOS DA EMPRESA NINFA ALIMENTOS**

Por:

**Silmar de Bairros  
Paulo Augusto Hass**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 h do dia 13 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Samir de Oliveira Ferreira  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Filipe Marangoni  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Coorientador)

---

Prof. Me. Evandro André Konopatzki  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Rubisson Duarte Lamperti  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Yuri Ferruzi  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente as nossas famílias que sempre nos apoiam e nos incentivam nessa jornada, nunca nos deixando desistir e nem parar de tentar, apesar de todos os problemas enfrentados, sempre estão ali quando precisamos.

Aos professores orientadores Me. Samir de Oliveira Ferreira e Me. Filipe Marangoni, que foram de vital importância para o desenvolvimento deste trabalho, sempre nos orientando e sanando todas as nossas dúvidas.

A empresa Ninfa Indústria de Alimentos, pelo apoio e oportunidade de realizar este trabalho.

Aos nossos colegas de trabalho com quem convivemos diariamente e que de certo modo contribuíram para conclusão deste trabalho.

A Deus, pelo simples fato de nós existirmos.

*“Pensamos demasiadamente  
Sentimos muito pouco  
Necessitamos mais de humildade  
Que de máquinas.  
Mais de bondade e ternura  
Que de inteligência.  
Sem isso,  
A vida se tornará violenta e  
Tudo se perderá.”  
(Charles Chaplin)*

## RESUMO

BAIRROS, Silmar de; HASS, Paulo Augusto. Automatização do controle dos vibradores da máquina recheadora de biscoitos da empresa Ninfa Alimentos. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

A automação pode ser verificada quando novas tecnologias são introduzidas para substituir um sistema de comando manual por um sistema automatizado. No caso apresentado neste trabalho, foi proposta e implementada a automatização do controle dos vibradores da calha vibratória de uma máquina recheadora de biscoitos. O controle desses vibradores era feito de forma manual, através de potenciômetros, os quais não apresentavam precisão satisfatória. O processo de controle de potência, para a vibração automática das calhas de vibração, permite o ajuste preciso do processo, evitando a vibração excessiva que degrada o desempenho tanto da máquina recheadora como para o processo de produção. Essa automação gera uma maior flexibilidade para o operador executar sua função, porque ele controla todo o processo através de um único controlador centralizado, montado em um painel para facilitar o acesso. A automatização do sistema se fez satisfatória para a empresa, o resultado esperado estava dentro dos objetivos principais, que eram aumentar a qualidade de trabalho da máquina recheadora de biscoitos, diminuir as paradas de trabalho da máquina e diminuir a quebra de molas de vibração. Foram colhidos resultados positivos, o objetivo inicial foi alcançado e a automatização do processo foi bem sucedida.

**Palavras-chave:** Automação. Controle de Vibração. Processo de Produção.

## ABSTRACT

BAIRROS, Silmar de; HASS, Paulo Augusto. Automation of the vibrators control of filling biscuits machine from the Ninfa Food company. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

Automation can be checked when new technologies are introduced to replace a manual command system to an automated one. In the case presented in this paper, was proposed and implemented an automation of control of the vibrators from the vibratory trough system from a stuffed cookies machine. The control of these vibrators was done manually, using potentiometers, which did not show satisfactory accuracy. The power control process for an automatic vibration of vibrating trough, allows precise adjustment of the process, avoiding excessive vibration, that degrades the performance of the filling machine and the production process. This automation provides additional flexibility for the operator to perform its function, because it controls the whole process through a single centralized controller, mounted on panel for easy access. the automation system was satisfactory to the company, the expected result was within the main objectives, which were increase the work quality for the filling machine biscuits, reduce the machine work stoppages and decrease the break occurrence of the vibration spring. Positive results were collected, the initial goal was reached and the automation of the process was successful.

**Keywords:** Automation. Vibration Control. Production Process.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VIBRADOR ACOPLADO À CALHA VIBRATÓRIA .....	13
FIGURA 2 – VARIADOR DE POTÊNCIA COEL MODELO AX-2.....	13
FIGURA 3 – MOLAS DE VIBRAÇÃO QUEBRADAS .....	14
FIGURA 4 – (A) CONTROLADOR IHM-MCP, (B) MÓDULO DE CONTROLE DE POTÊNCIA MODELO MCP-V4 .....	15
FIGURA 5 – BOMBAS DE RECHEIO E TANQUE DE ARMAZENAGEM. ....	18
FIGURA 6 – BATEDEIRA DE RECHEIO. ....	18
FIGURA 7 – CLP (A) E TELA IHM (B) DA MÁQUINA RECHEADORA.....	19
FIGURA 8 – GUIAS DA MÁQUINA RECHEADORA.....	19
FIGURA 9 – CALHAS VIBRATÓRIAS E MÁQUINA RECHEADORA .....	21
FIGURA 10 – BOBINA DE VIBRAÇÃO .....	22
FIGURA 11 – SISTEMA: CALHA, MOLAS E BOBINA DE VIBRAÇÃO. ....	23
FIGURA 12 – PAINEL COM AUTOMAÇÃO INSTALADA.....	24
FIGURA 13 – MÓDULOS DE CONTROLE E BORNES FUSÍVEIS .....	25
FIGURA 14 – CONTROLADOR E MANOPLA LIGA/DESLIGA.....	26
FIGURA 15 – SISTEMA ANTIGO INSTALADO .....	27
FIGURA 16 – CAIXA PARA INTERLIGAÇÃO.....	28
FIGURA 17 – TESTE EM BANCADA.....	29
FIGURA 18 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PARTIDAS NO SISTEMA ANTIGO E NO SISTEMA NOVO (EM RAMPA).....	31
FIGURA 19 – COMPARATIVO DA TROCA DE MOLAS DE VIBRAÇÃO ENTRE SETEMBRO E OUTUBRO DE 2013 .....	32

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS .....	28
TABELA 02 – CUSTOS COM MÁQUINA PARADA .....	33
TABELA 03 – VALORES DOS COMPONENTES UTILIZADOS .....	34

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

TVE	Tensão Variável de Elasticidade
IHM	Interface Homem/Máquina
GM	General Motors
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programável)
PC	<i>Personal Computer</i> (Computador Pessoal)
CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unidade de Processamento Central)
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i> (Proporcional Integral Derivativo)
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória de Acesso Aleatório)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 PROBLEMÁTICA .....	12
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
1.3 OBJETIVO.....	16
1.3.1 Objetivos Específicos.....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
2.3 A MÁQUINA RECHEADORA .....	17
2.4 SISTEMA A SER AUTOMATIZADO.....	20
2.4.1 Calhas Vibratórias .....	20
2.4.2 Molas de Vibração.....	21
2.4.3 Vibradores.....	22
<b>3 PROJETO E EXECUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
3.1 PAINEL DE COMANDO.....	24
3.2 INSTALAÇÃO DO CONTROLADOR IHM .....	26
3.3 CAIXA DE PASSAGEM.....	27
3.4 LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS .....	28
<b>4 TESTES E RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 TESTE DO CONTROLADOR EM BANCADA .....	29
4.2 PARTIDA EM RAMPA.....	30
4.3 REDUÇÃO DE CUSTOS.....	31
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>APÊNDICE A – ESQUEMA LIGAÇÃO ENTRE CONTROLADOR E MÓDULOS DE POTÊNCIA</b> .....	<b>37</b>
<b>APÊNDICE B – PROJETO DO COMANDO DO ACIONAMENTO DOS MÓDULOS MCP-V4 E CONTROLADOR IHM-MCP</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, o homem vem tentando fazer com que utensílios e ferramentas substituam-no no trabalho, sendo seu maior sonho criar um autômato que realize todas as suas funções operárias. Nos últimos anos, com a globalização, as indústrias passaram por grandes transformações, com o intuito de tornarem-se mais competitivas. Foi necessária a modernização de seus parques industriais, visando à competitividade de seus produtos, por meio do aumento da qualidade, redução de preços e custos mais acessíveis, dando origem a um conjunto de técnicas e procedimentos designados de automatização (PINHEIRO, 2010).

Podemos dizer que a automatização num processo produtivo, tem a finalidade de facilitar esses processos, acarretando na realização de sistemas otimizados capazes de produzir bens com menor custo, com maior quantidade, com menor tempo e com maior qualidade (ROSÁRIO, 2009, p. 15).

A automatização Industrial pode ser comparada com a automação industrial, na maioria das vezes as duas se processam da seguinte maneira: um computador recebe os sinais provenientes de vários instrumentos de medida da fábrica, compara tais medidas com valores ideais e realiza operações matemáticas com a finalidade de gerar sinais de correção, que instruirão os dispositivos de controle acerca da alteração mais apropriada para cada instante. Dessa maneira é possível alcançar uma produtividade ótima sob um determinado ponto de vista, seja ele qualitativo ou quantitativo (ROSÁRIO, 2005). Com isso, a automatização industrial pode ser dividida em três classes: a fixa, a flexível e a programável.

- **Automatização Fixa:** Segundo Rosário (2005), a automatização fixa é utilizada quando o processo produtivo é relativamente alto, ou seja, uma grande quantidade de produtos produzidos. Nela existem diversas máquinas, cada qual efetua um determinado trabalho no produto, podem ser chamadas de estações de trabalho, assim, quando a mesma termina o seu trabalho no produto, passa para a estação seguinte, e assim sucessivamente até atingir o produto final. Neste tipo de automatização é possível fabricar apenas um determinado tipo de produto na linha de produção.

- **Automatização Flexível:** De acordo com Rosário (2005), como o próprio nome sugere, nela existe a flexibilidade, ou seja, na automatização flexível é possível produzir diversos tipos de produtos ao mesmo tempo, possui uma taxa de produção menor do que a automatização fixa e tem maior interação da área de engenharia e tecnologia.
- **Automatização Programável:** Segundo Rosário (2005), a automatização programável é utilizada quando o volume de produção é baixo em vista das demais, possui maior diversidade, porém a cada novo lote produzido é necessário reprogramar as máquinas existentes na linha, para assim poder produzir um novo tipo de produto.

Tendo isso em vista, este trabalho visa automatizar o controle de doze vibradores fixados às calhas que têm por finalidade levar o produto (biscoito) até a máquina recheadora. Essa máquina, como o próprio nome sugere, executa o processo de recheamento do produto.

Neste caso, a linha de produção que receberá a automatização, encaixa-se no conceito da automação fixa, onde é feito um elevado volume de produção, de apenas um determinado tipo de produto, onde existem diversas máquinas, cada qual efetua um determinado trabalho no produto, passando assim para a próxima estação de trabalho, onde em cada estação são realizados um conjunto de operações, assim sucessivamente passando para a próxima estação.

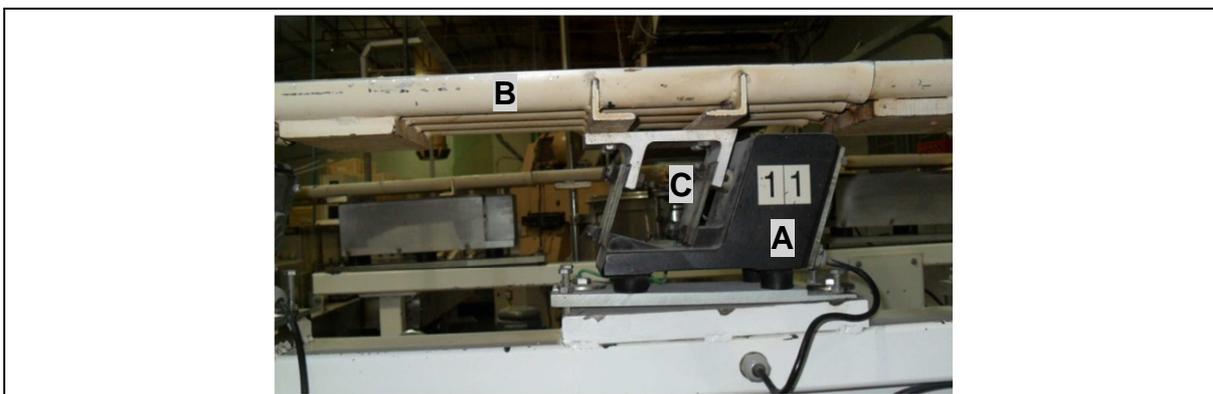
## 1.1 PROBLEMÁTICA

O controle do nível de vibração desses vibradores era feito de forma manual, por meio de potenciômetros. Cada vibrador possuía o seu controle individual e o operador necessitava regular a vibração de cada equipamento, este processo apresentava baixa eficiência. Devido a esse fato, muitas vezes não se conseguia atingir a faixa adequada de vibração para cada um dos vibradores, o que gerava uma vibração demasiada para a máquina, causando assim quebras prematuras de molas vibratórias e paradas no processo de fabricação.

Essa condição gerava custos para a empresa, tanto pela parada na produção quanto pela troca das molas, pois eram trocadas em média 3,63 unidades de molas de vibração por dia, sendo que cada mola custa em média R\$ 20,00.

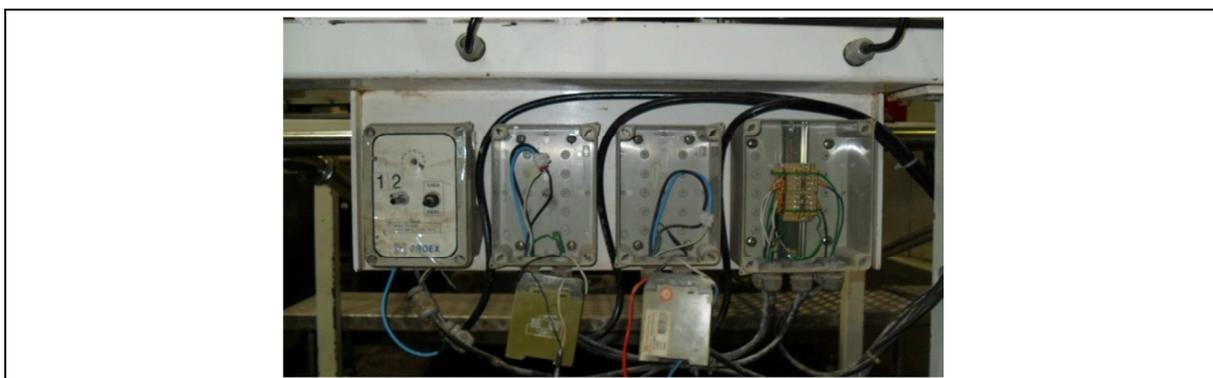
## 1.2 JUSTIFICATIVA

O controle dos vibradores era feito com o uso de potenciômetros e variadores de potência, da marca COEL modelo AX-2. Na Figura 1 pode ser observado o vibrador (A) acoplado à calha vibratória (B) e as molas de vibração (C).



**Figura 1 – Vibrador acoplado à calha vibratória**  
Fonte: Autor (2013)

A Figura 2 mostra o sistema de controle com o variador de potência. Da esquerda para direita podemos observar o controle com o potenciômetro, os demais foram abertos para se observar como eram empregados os variadores de potência.

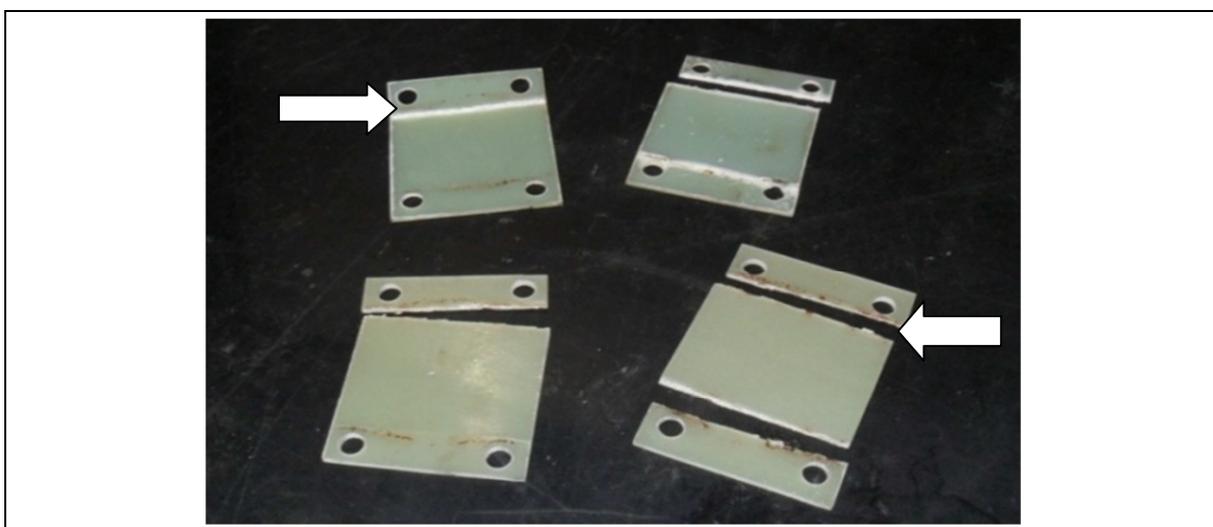


**Figura 2 – Variador de potência Coel modelo AX-2**  
Fonte: Autor (2013)

Este sistema de controle era pouco eficiente, devido ao fato do mesmo já estar em situações precárias e ao problema da potência excessiva que era fornecida à bobina de vibração quando o processo era iniciado pelo operador. Esse último problema se verificava, pois o processo é iniciado quase sempre com o ajuste do potenciômetro no valor máximo.

O processo de vibração iniciava-se através de uma manopla liga/desliga. O sistema possuía um disjuntor de proteção e uma contactora que alimentava bornes de distribuição, o qual era fornecida a tensão de  $220 V_{CA}$ . Através desses bornes era distribuída a tensão de  $220 V_{CA}$  aos variadores de potência de cada vibrador, regulada através do potenciômetro. Como geralmente esses potenciômetros ficavam regulados no máximo, ocorria a quebra prematura das molas vibratórias.

Alguns exemplos de molas que apresentaram problema são mostrados na Figura 3. Podemos observar que o ponto exato de ruptura ocorre sempre próximo à base de fixação das molas no vibrador. Como poder ser visto, a ruptura mostrada pelas setas na Figura 3, fica próxima aos pontos de fixação.



**Figura 3 – Molas de vibração quebradas**  
Fonte: Autor (2013)

O Sistema possui cerca de seis a sete molas por vibrador, como são doze vibradores, cerca de setenta e duas molas (dependendo do ajuste feito em cada vibrador). Dependendo da quantidade de molas utilizadas ele pode vibrar mais, ou menos. Caso duas molas de um único vibrador estejam danificadas o sistema de vibração não apresenta desempenho necessário para a operação da máquina, pois o processo de produção depende da vibração, e caso a mesma apresente defeito, o

processo não flui como necessário. Caso duas molas ou mais apresentem defeito em mais da metade dos vibradores existentes, é necessário desligar a máquina recheadora para a substituição das mesmas, pois não é possível prosseguir com o processo. Processo esse que se faz necessário que todas as molas existentes estejam em perfeito estado para fluir ordenadamente a produção.

Para isto, este trabalho visa implementar a automatização do controle dos vibradores utilizando um controlador pré-programado da marca Foxtronic, modelo IHM-MCP, que pode ser visto na Figura 4 (a).

Este controlador será utilizado como interface de programação para os módulos de controle de potência para vibradores, do modelo MCP-V4 visto na Figura 4 (b).



Figura 4 – (a) Controlador IHM-MCP, (b) Módulo de controle de potência modelo MCP-V4  
Fonte: Autor (2013)

O emprego do controlador IHM-MCP, permite o controle preciso do processo de vibração, pois se trata de um controlador pré-programado onde é inserida a programação adequada ao processo, bem como o número de vibradores e o operador apenas ajusta a potência de vibrador, conforme a necessidade. Esse controlador permite o controle de no máximo dezesseis vibradores, no nosso caso, iremos controlar a potência de doze vibradores, utilizando então três módulos de controle de potência MCP-V4 cada qual possui quatro saídas para ligação de quatro vibradores.

O controlador permite a variação de 0 a 99% da potência, uma vez que este foi projetado exclusivamente para o controle de potência para vibração. Outra função do controlador é permitir a partida em rampa dos vibradores, ou seja, iniciando o

processo em repouso e aumentando a potência linearmente (1 % a cada segundo) até atingir o nível programado pelo operador no controlador IHM-MCP, que vai de 0 a 99%, o que não ocorria no sistema antigo instalado.

### 1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar a automatização do controle de potência do sistema de vibração de uma máquina recheadora da Indústria Ninfa Alimentos, de forma a reduzir sua necessidade de manutenção corretiva e a ocorrência de paradas no processo produtivo da empresa.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

- Adequação do Painel Elétrico para a instalação dos controladores e módulos;
- Realizar a configuração do controlador IHM-MCP para operar de acordo com a necessidade de trabalho;
- Realizar a conexão dos módulos de potência com o controlador IHM-MCP;
- Substituir a caixa de interligações e realizar a passagem dos cabos;
- Implementar a automatização na máquina recheadora e acompanhar o seu funcionamento.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A empresa Ninfa Indústria de Alimentos possui em sua linha de produção cerca de 38 diferentes tipos de biscoitos (considerando os recheados e não recheados), 5 diferentes sabores de refresco em pó, 7 sabores de macarrão instantâneo, e 15 tipos diferentes de massa seca (macarrão).

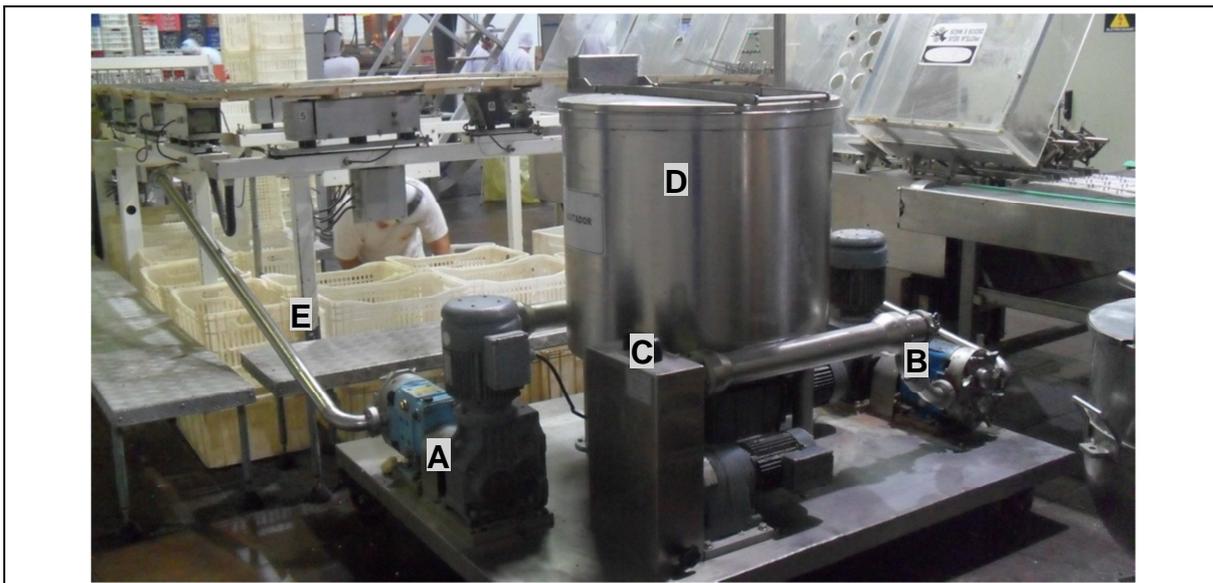
Dentre esses produtos, iremos enfatizar os biscoitos recheados, o qual está inteiramente ligado à automação feita nesta máquina. São 6 diferentes sabores de biscoito recheado, e todos passam pelo mesmo processo de produção, cada qual com seus respectivos ingredientes e formulação.

### 2.3 A MÁQUINA RECHEADORA

A máquina recheadora tem por finalidade executar o processo de recheio do produto. A massa, como é chamado o produto no início do processo, passa por cilindros, que tem a finalidade de esticar a massa. Logo após, passa por um rolo estampador, onde dá o formato do biscoito, e corta o excesso do produto. Na sequência, passa pelo forno, aquecido por resistências, para assar o produto. Após sair do forno, o produto segue por quatro esteiras de resfriamento, sendo levado até a máquina recheadora através das calhas vibratórias.

O produto precisa escoar pelas calhas de forma ordenada, para assim entrar ordenadamente na máquina. A máquina possui duas bombas que fazem o trabalho de levar o recheio para assim concluir o processo de recheamento. Essas duas bombas são necessárias pois existem dois grupos distintos de calhas por onde o produto chega até a máquina, sendo que um leva as casquinhas inferiores e, logo a frente (após o recheio já estar inserido no biscoito) vem a casquinha superior.

Cada bomba possui uma rosca helicoidal, instalada em tubulações de inox, por onde o recheio é levado até a máquina recheadora. Na Figura 5 pode se ver as bombas de recheio onde: a letra “A” indica a bomba 1; “B” indica a bomba 2; a letra “C” indica as roscas helicoidais; a letra “D” indica onde fica armazenado o recheio, e; a letra “E” indica as tubulações por onde o recheio chega até o biscoito.



**Figura 5 – Bombas de recheio e tanque de armazenagem.**  
Fonte: Autor (2014)

O recheio é produzido em uma batedeira instalada ao lado da máquina recheadora. Os ingredientes são selecionados de forma manual, sendo assim, os ingredientes são acrescentados à batedeira manualmente para se realizar a mistura e formar o recheio, que pode ser de chocolate, morango, chocolate com baunilha, vitamina de frutas, chocolate branco e brigadeiro. A Figura 6 mostra a batedeira onde é feito o recheio.



**Figura 6 – Batedeira de recheio.**  
Fonte: Autor (2014).

O controle da recheadora é feito por um CLP da marca Allen Bradley e uma tela *touchscreen* IHM (interface homem-máquina), da mesma marca, equipamentos esses que vieram instalados junto com a máquina. Na Figura 7, podem ser observados o CLP e a IHM da recheadora.



**Figura 7 – CLP (a) e Tela IHM (b) da máquina recheadora**  
Fonte: Autor (2014).

Para efetuar o recheio nas casquinhas, a máquina possui sensores instalados em local adequado, que quando atuam pela presença da casquinha acionam as roscas helicoidais, enviando assim o recheio até o produto. O controle de aceleração e desaceleração da máquina é feito na interface de programação, sendo ajustada pelo operador conforme necessidade de trabalho.

A Figura 8 mostra como o produto entra na máquina recheadora através de guias instalados no término das calhas vibratórias, calhas essas que não servem apenas para escoar o produto até a máquina recheadora, mas servem também como um empilhador, ordenando assim a entrada do produto na máquina.



**Figura 8 – Guias da máquina recheadora**  
Fonte: Autor (2014)

## 2.4 SISTEMA A SER AUTOMATIZADO

Para melhor entendimento dos resultados obtidos com o projeto de automatização realizado neste trabalho, nesta seção será explanado como era feito o controle dos vibradores.

O funcionamento do sistema a ser automatizado é parte essencial do processo de fabricação do produto, pois se trata de um elemento fundamental para abastecimento da máquina recheadora de biscoitos (produto final da empresa).

O sistema é composto por calhas vibratórias, que são acopladas a vibradores, e sua finalidade é fazer o produto escoar até a máquina recheadora de forma ordenada.

### 2.4.1 Calhas Vibratórias

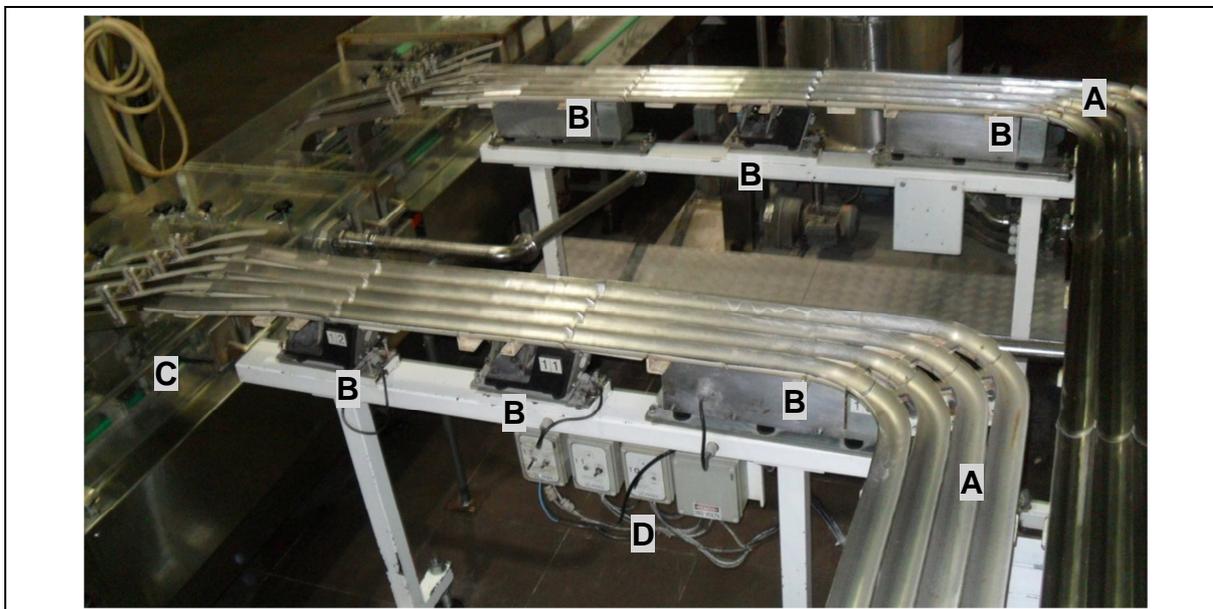
Estas calhas contam com 12 vibradores que funcionam também como empilhadores para o produto, pois no mesmo processo as calhas levam e empilham o produto para entrarem na máquina de forma ordenada, seguindo para o processo de recheamento.

O controle de nível de vibração destas calhas era feito manualmente através de potenciômetros, e variadores de potência. O sistema possuía um disjuntor bifásico termomagnético de 20 A para proteção e uma chave contactora que liga assim que o painel elétrico é energizado.

Assim que a chave contactora era ligada, eram acionados os vibradores, que, por sua vez, iniciavam o processo quase sempre com potência máxima, muitas vezes danificando bobinas e molas de vibração, que sofrem fadiga e a ruptura precoce quando a potência máxima é empregada na bobina de vibração.

Para melhor entendimento do processo, a Figura 9 apresenta como as calhas vibratórias relacionam-se com a máquina recheadora. Existem dois grupos de calhas vibratórias (identificadas pela letra "A"), pois existem duas roscas de recheio na máquina, sendo assim, cada grupo de calhas escoar o produto para uma rosca recheadora. A letra "B" indica onde estão localizados os vibradores, no grupo 1 (na

parte inferior da imagem) existem cinco vibradores, no grupo 2 (na parte superior) existem sete vibradores, pois a distância é maior até a rosca recheadora.



**Figura 9 – Calhas vibratórias e máquina recheadora**  
**Fonte: Autor (2013)**

Pode-se observar ainda que existem vibradores sem sua respectiva proteção de inox, pois eram os que mais apresentavam problemas com a quebra de molas, sendo assim, os mesmos já ficavam sem a proteção para agilizar a troca de molas quando necessário. A letra “C” à esquerda da figura indica a máquina recheadora, onde é feito todo o processo de recheio dos biscoitos. A letra “D”, na parte inferior da figura, mostra como era feito o controle de vibração, através de potenciômetros e variadores de potência Coel do modelo AX-2.

#### 2.4.2 Molas de Vibração

As molas de vibração são feitas de fibra de vidro TVE, que é um laminado à base de tecido de fibra de vidro e resina epóxi de alto poder aderente. Apresenta propriedades mecânicas, elétricas e térmicas superiores aos outros tipos de laminados. Oferece resistência à tração, a flexão e ao impacto, maior que os

laminados fenólicos, além de ótima rigidez dielétrica e excelente resistência térmica. A fibra de vidro pode ser fabricada na forma de placas, tarugos, tubos ou peças técnicas sob desenho, sendo aplicada em diversos segmentos como: indústria elétrica, mecânica e eletroeletrônica.

É aplicada em máquinas elétricas, rotativas, barras isolantes em cubículos blindados e capacitores variáveis para radiodifusão. O TVE mais usual é o G-10, são utilizados em equipamentos eletrônicos, cunhas para motores e geradores, equipamentos de alta tensão, transformadores, etc, podendo trabalhar sob regimes de tensão, temperatura e umidade mais elevada, pois possui baixos valores de constante dielétrica e fator de perdas, ótima estabilidade dimensional.

#### 2.4.3 Vibradores

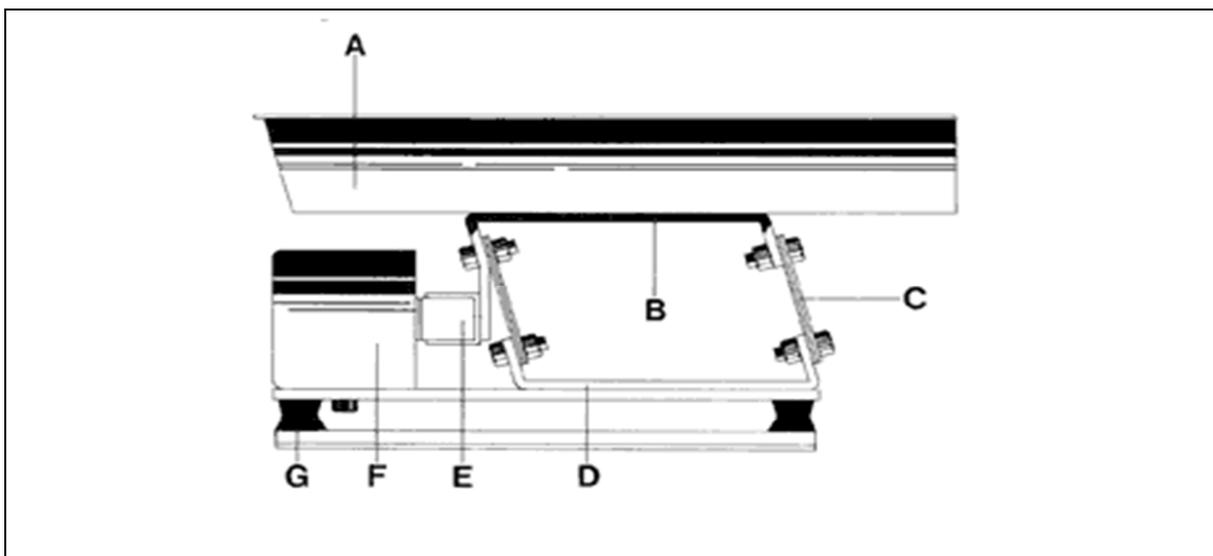
Os vibradores são compostos pela bobina de vibração e pela mola de vibração. A bobina de vibração fica fixada dentro de uma proteção de ferro fundido, e possui ajustes manuais através de parafusos, pois para uma vibração satisfatória, não podem ficar nem muito próximos nem muito distantes de sua carcaça, cerca de 2 mm de distância, dependendo do vibrador.

A bobina, mostrada na Figura 10, é alimentada pelos módulos de potência, instalados no painel da máquina, cada módulo controla quatro bobinas, sendo assim quatro calhas vibratórias.



**Figura 10 – Bobina de vibração**  
**Fonte: Autor (2013)**

A Figura 11 mostra o princípio de funcionamento do vibrador em conjunto com as calhas e molas, elementos causadores das oscilações como eletroímã (F) e contra núcleo (E), molas chatas (C) e massas oscilantes (B e D) formam a denominada base de acionamento. O elemento de transporte (A), seja calha ou tubo, é fixo a esta base de acionamento.



**Figura 11 – Sistema: calha, molas e bobina de vibração.**  
Fonte: Autor (2014)

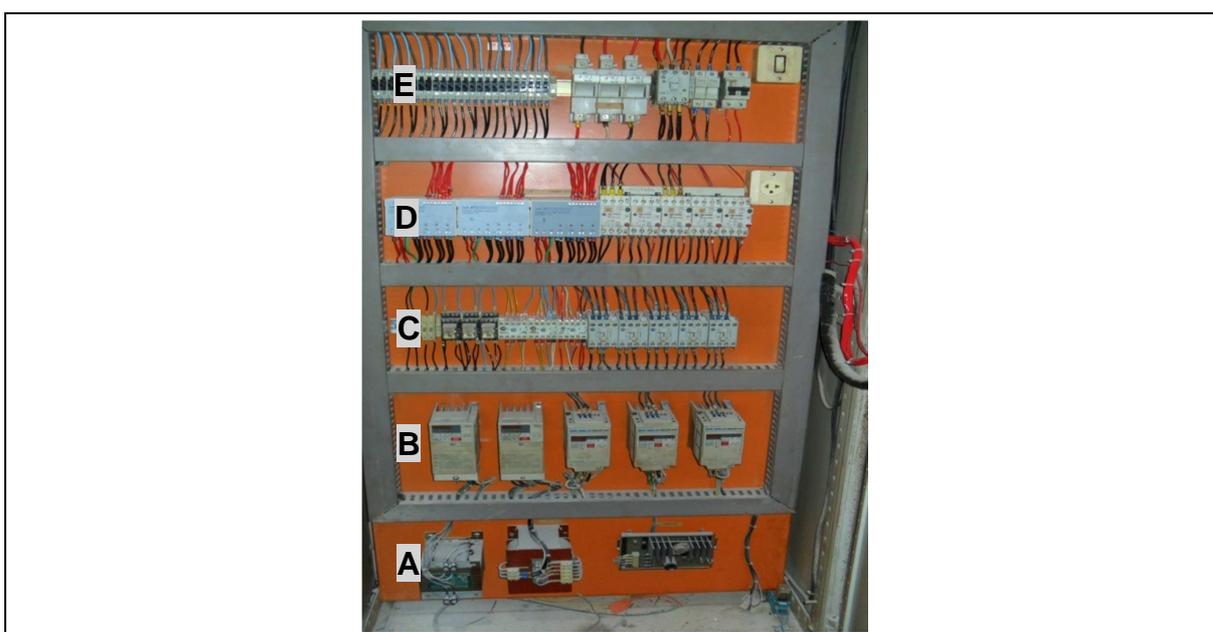
O sistema eletromagnético (F e E) ativa o conjunto a vibrações lineares, mecânicas e orientadas devido à inclinação das molas. A frequência de vibração é de 3600 vibrações por minuto (VPM) em 60hz, ou 3000 em 50hz. Coxins de borracha (G) impedem uma transmissão de vibrações para estruturas de apoio.

### 3 PROJETO E EXECUÇÃO

Tendo em vista o funcionamento atual do processo produtivo, a automação apresentada neste trabalho consiste em operar todo o sistema através de um único controlador, isto é, de modo centralizado. Será utilizado um controlador da marca FOXTRONIC, do modelo IHM-MCP, pré-programado, para controle de vibração e módulos controladores de potência também da FOXTRONIC, do modelo MCP-V4.

#### 3.1 PAINEL DE COMANDO

Após devidamente testado o sistema, o mesmo foi instalado no painel da máquina, já existente no local. O painel foi realocado para receber os novos componentes que fazem parte da nova automação. Depois de realizado o cabeamento do sistema, foi feita a montagem do sistema no painel geral da máquina. Foram fixados os módulos de vibração e instalados conectores fusíveis para melhor proteção do sistema. Cada saída conta com um fusível de vidro de 2 Amperes. A Figura 12 mostra como ficou o painel após instalação do sistema.



**Figura 12 – Painel com automação instalada**  
Fonte: Autor (2013)

Na parte inferior do painel (identificada pela letra A) podem ser observados dois transformadores, que tem por finalidade rebaixar a tensão de entrada do equipamento que é de 380 V<sub>CA</sub>, transformando para 220 V<sub>CA</sub> para o painel, um em pleno funcionamento e um reserva.

Na linha acima (identificada por B) podem ser vistos os inversores de frequência das esteiras de transporte, são cinco ao total, responsáveis por levar o produto até as calhas vibratórias e sucessivamente até a máquina recheadora.

Em “C”, são encontradas as contactoras de cada inversor de frequência, como pode ser observado, existem cinco inversores, então cinco contactoras, e relês de sobrecarga de cada contactora, para proteção do sistema.

Na linha representada por “D”, ficam ver os módulos de potência (que serão mais detalhados na próxima figura), e os disjuntores de proteção e acionamento de cada inversor de frequência.

Na parte superior (identificado por E) podem ser vistos os bornes fusíveis, instalados para proteção das saídas dos módulos de potência, contra surtos e curto-circuito do sistema, como são 3 módulos, cada um controlando 4 vibradores, são 8 saídas por módulo, então 24 bornes, um para cada saída dos módulos.

Em detalhe na Figura 13 pode ser visto os 3 módulos de potência, S1, S2 e S3 juntamente com os 24 bornes fusíveis, instalados para proteção das saídas dos controladores.



**Figura 13 – Módulos de controle e bornes fusíveis**  
Fonte: Autor (2013)

Cada módulo é responsável pelo controle da potência de 4 vibradores. Os módulos estão ligados no controlador, instalado na porta do painel. Estes são

alimentados na tensão elétrica de 220 V<sub>CA</sub>, e o sinal de controle de cada módulo vem do controlador, pelas saídas S1, que responde pelo módulo 1, S2 (para o módulo 2) e S3 (para o módulo 3). A potência de vibração de cada vibrador é ajustada conforme necessidade de trabalho, podendo ser aumentada ou diminuída conforme necessário.

O sistema de controle do processo de vibração centralizado foi instalado em um painel de fácil acesso ao operador para possibilitar melhor operação do sistema com maior agilidade por parte do operador, menos paradas de produção e menores gastos com a compra de materiais de reposição.

No sistema antigo era necessário que o operador se deslocasse em cada vibrador para assim, manualmente ajustar os níveis de vibração para cada calha vibratória. Nem sempre os mesmos eram ajustados corretamente, de acordo com o que se necessitava do equipamento.

### 3.2 INSTALAÇÃO DO CONTROLADOR IHM

O controlador foi instalado na parte frontal externa do painel já existente, de fácil acesso ao operador, e foi feita a interligação do controlador com os módulos de potência, que alimentam os vibradores.

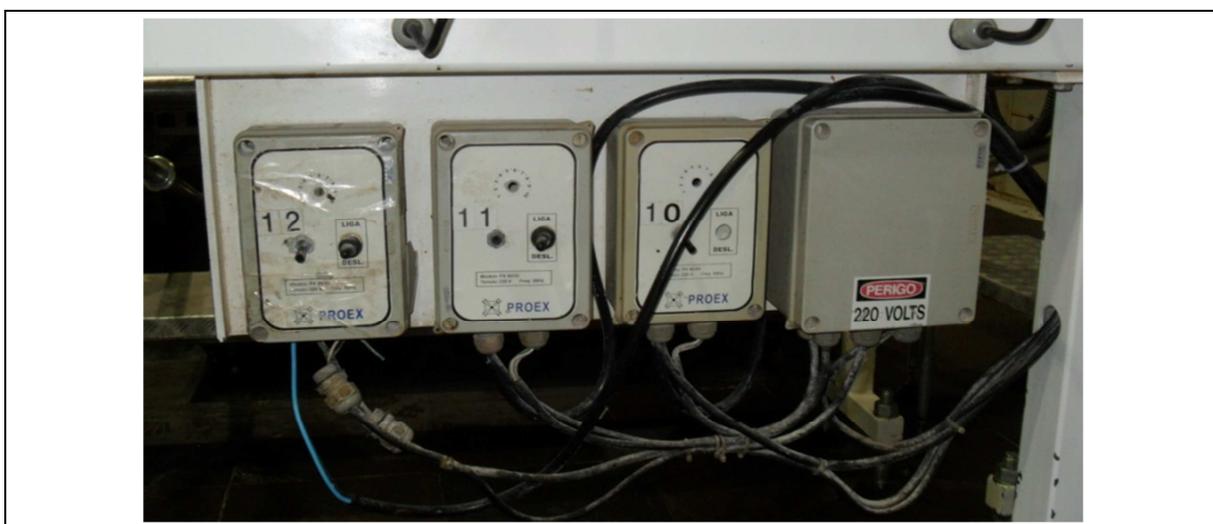
Na Figura 14 pode ser observada a interface do controlador no painel, juntamente com a manopla liga/desliga que não existia no sistema antigo, o qual era acionado assim que o painel geral da máquina era energizado.



**Figura 14 – Controlador e manopla liga/desliga**  
Fonte: Autor (2013)

### 3.3 CAIXA DE PASSAGEM

Após todo o sistema ser devidamente testado em bancada, foi feita a passagem dos cabos que energizam as bobinas vibratórias. Como são doze bobinas no total, alimentadas em 220 V, fez-se necessária a passagem de doze cabos PP 2x2,5 mm. Os cabos foram instalados em calhas elétricas já existentes na empresa, mas foram feitos novos caminhos para leva-los das calhas elétricas até os vibradores, pois no sistema antigo os mesmos ficavam expostos, como pode ser verificado na Figura 15.



**Figura 15 – Sistema antigo instalado**  
**Fonte: Autor (2013)**

No novo sistema instalado, foram retirados todos os cabos expostos, as caixas de passagem, onde ficavam instalados os variadores de potência, e os potenciômetros. Foram feitos caminhos distintos para passagem do cabeamento, adicionalmente foram empregadas apenas caixas de passagem para interligação do sistema com os vibradores.

O sistema de controle ficava dentro das caixas de passagem, sendo que o potenciômetro e o variador de potência sofriam com jatos de água durante o processo de limpeza, e agentes químicos que são utilizados para efetuar a limpeza do ambiente, o que poderia levar a curtos-circuitos.

O novo sistema visa também evitar a ocorrência de acidentes de trabalho, pois havia o risco de choque elétrico a funcionários e operadores.

Na Figura 16 pode ser observado como ficou o novo sistema instalado. Observa-se que melhorou a visibilidade da máquina e deixou um sistema muito mais prático e bem organizado em relação ao anterior.



**Figura 16 – Caixa para interligação**  
**Fonte: Autor (2013)**

### 3.4 LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS

Na Tabela 1 está a relação dos materiais utilizados na execução do projeto. Os componentes foram selecionados com base no que a empresa possui em outro equipamento e no estoque de materiais disponíveis no almoxarifado. Isso facilita o trabalho da logística quando se fizer necessária alguma manutenção do sistema ou a troca de algum componente. Cabe ressaltar ainda, que todos os custos para aquisição de materiais foram arcados pela empresa Ninfa Alimentos, e, para total instalação e funcionamento do novo sistema, foram necessárias cerca de 40 h de trabalho, desenvolvidas pelos dois acadêmicos, funcionários da empresa.

**Tabela 1 – Lista de materiais utilizados**

Item	Quant.	Unid.	Descrição	Fabricante
1	1	pç	Controlador IHM-MCP	FOXTRONIC
2	4	pç	Módulo de Controle de Potência MCP-V4	FOTRONIC
3	3	pç	Caixa de Passagem para interligação	CEMAR LEGRAND
4	24	pç	Bornes com fusível para proteção MAB1-F	METALTEX
5	100	mt	Cabo pp 2x2,5mm 750V	CORFIO
6	12	pç	Prensa cabo 1/2 polegada	CEMAR LEGRAND

**Fonte: Autor.**

## 4 TESTES E RESULTADOS

Inicialmente foram realizados testes em bancada. A programação foi inserida no controlador, foram utilizados alguns modelos de molas de vibração que mais davam problema durante o processo de fabricação, para assim poder demonstrar a eficiência do projeto, e como o mesmo aumentaria a vida útil da mola de vibração, pois mesma não iria mais sofrer com a potência elevada que era gerada no sistema antigo instalado.

### 4.1 TESTE DO CONTROLADOR EM BANCADA

Para teste de conceito o sistema foi montado em bancada de forma a verificar o funcionamento e eficiência do sistema a ser empregado para controle. Na Figura 17 pode-se ver o sistema montado em bancada para a realização do teste.



**Figura 17 – Teste em bancada**  
**Fonte: Autor (2013)**

O controlador IHM foi alimentado com 220 V<sub>CA</sub>, logo após o mesmo foi conectado a um módulo de controle de potência, foi utilizada também uma calha vibratória para assim poder testar a eficiência do sistema de controle a ser empregado na máquina, a calha foi montada com as molas de vibração que mais apresentavam problemas durante o processo de trabalho da máquina, pois existem molas de dois materiais distintos, ou seja, como a mola que era fornecida pelo

fabricante da máquina possui um preço elevado e estavam havendo muitas trocas de molas, a empresa optou por adquirir um material mais em conta e assim fabricar as respectivas molas na própria empresa, porém tinham uma vida útil muito reduzida se comparada as originais.

Foram utilizados diferentes níveis de potência, na escala do controlador, ajustados os níveis em percentual, como o mesmo varia a potência de 0 a 100%. Foram verificadas se todas as saídas funcionavam corretamente, sendo a calha vibratória conectada em cada saída do módulo de controle de potência.

Foi verificado o funcionamento da “rampa” quando o sistema é iniciado, que aumenta gradativamente seu percentual de 5 em 5, sendo que o mesmo se apresentou satisfatório, esse aumento gradativo não era possível no sistema antigo.

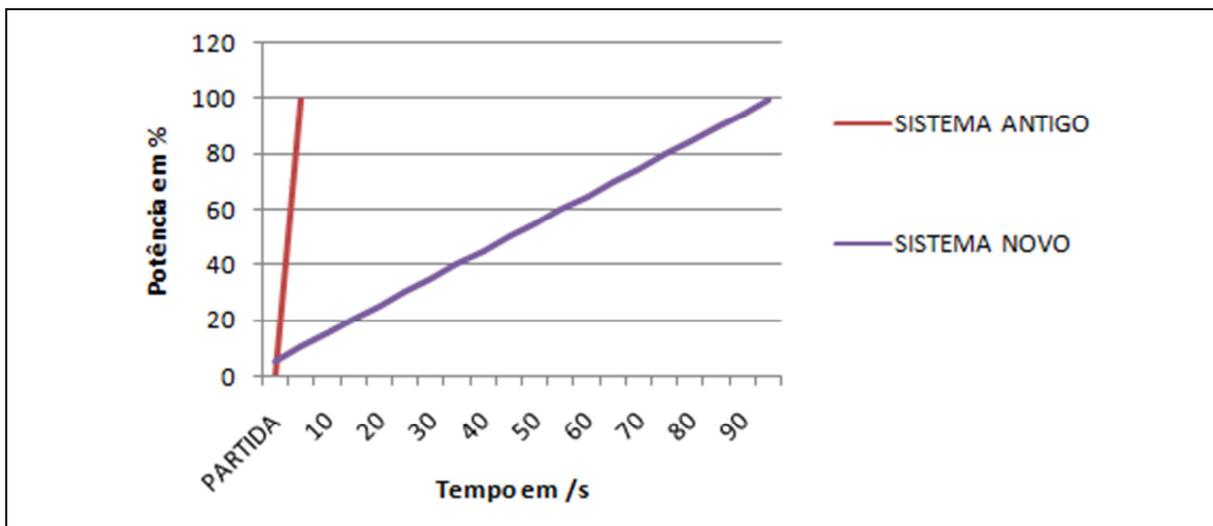
O sistema ficou em funcionamento durante cerca de duas horas ininterruptas e as molas de vibração não apresentaram defeito algum.

Por se tratar de um controlador pré-programado IHM é necessário apenas configurá-lo conforme a necessidade de trabalho, inserindo nele o número de vibradores que serão controlados. Nesse processo serão 12 vibradores controlados, pois cada um dos 3 módulos de potência pode controlar até 4 vibradores e ajustar os níveis de frequência necessários para o trabalho. Cada qual possui um nível diferente de frequência e vibração.

O controlador possui teclas frontais por onde o operador pode ajustar a frequência de vibração de cada vibrador, aumentando ou diminuindo a potência, conforme a necessidade de trabalho. Este controlador ainda permite a partida em rampa dos vibradores no momento em que são ligados, o que não era possível com o sistema antigo instalado.

#### 4.2 PARTIDA EM RAMPA

Como pode ser vista na Figura 18, no sistema antigo a partida dos vibradores iniciava-se quase sempre com o valor do potenciômetro ajustado no valor máximo, o que fazia a potência ir de 0 a 100% em menos de 10 segundos, causando vibração demasiada ao sistema, prejudicando assim as molas vibratórias e também as bobinas.



**Figura 18 – Comparação entre as partidas no sistema antigo e no sistema novo (em rampa)**  
 Fonte: Autor (2013)

Já no sistema novo instalado o controlador faz a partida do sistema em rampa, aumentando gradativamente a potência. Dessa forma, o acionamento proporciona suavidade ao sistema, que aumenta a vibração gradativamente até atingir o valor programado.

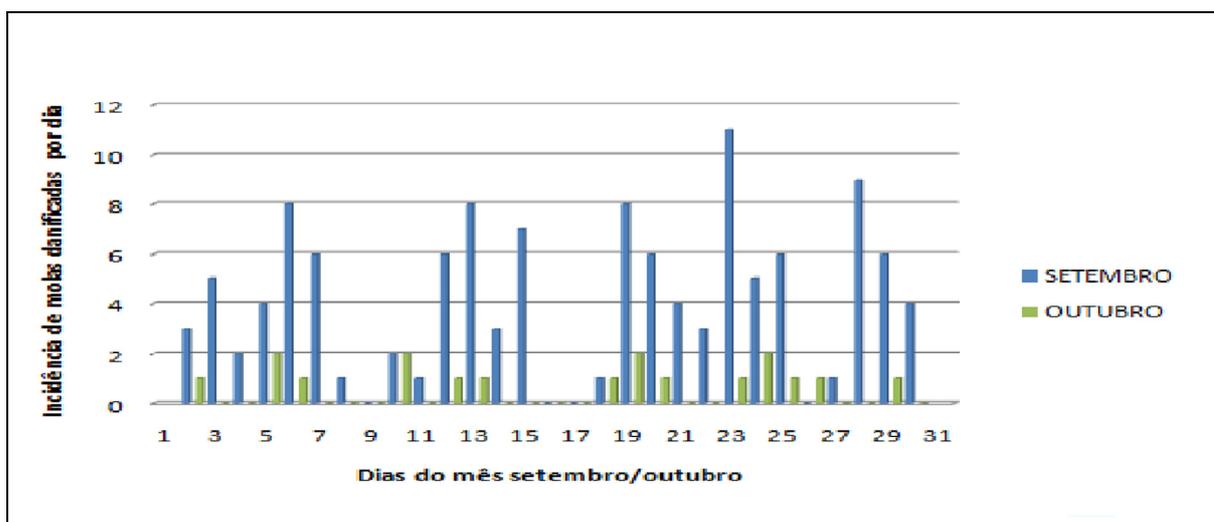
#### 4.3 REDUÇÃO DE CUSTOS

O novo sistema proporcionou economia para a empresa, pois com o controle instalado pode-se diminuir a ocorrência de paradas de máquina que antes era bastante elevada devida principalmente à quebra das molas de vibração.

Na operação com o sistema antigo (quando o mesmo se fazia ativo) a quebra dessas molas ocorria diariamente. A Figura 19 demonstra a comparação entre a quantidade de molas quebradas com a operação da máquina no sistema antigo e a pós a automatização, durante o período um mês.

A automatização empregada no sistema de controle foi bastante satisfatória atingindo os resultados esperados pela empresa e pelo setor de manutenção, que eram diminuir as paradas desnecessárias de máquina, reduzir os gastos com a compra de material para substituição, diminuir o reprocesso de produto o qual quando sofre o reprocesso se torna mais caro para empresa, pois o mesmo

necessita passar por todo o processo de fabricação novamente. Aumentou consideravelmente a facilidade de operação do controle de vibração por parte dos operadores, aumentando a confiabilidade do processo, pois com o novo controlador instalado é possível ajustar os níveis de vibração gradativamente e com maior segurança, de acordo com a necessidade de trabalho. Melhorou também o desempenho da máquina recheadora, que também sofria com a má vibração do sistema.



**Figura 19 – Comparativo da troca de molas de vibração entre setembro e outubro de 2013**  
**Fonte: Ninfa Indústria de Alimentos – setor almoxarifado**

Pode-se notar na Figura 19 a grande diferença no número de trocas de molas entre os meses de setembro, onde ainda o sistema antigo estava ativo e no mês referência outubro, quando o novo sistema foi instalado e estava em pleno funcionamento, comparativo esse que se fez do dia dez de setembro ao dia dez de outubro, trinta dias de trabalho.

Nota-se que no mês de setembro a incidência de molas defeituosas pela demasiada vibração do sistema chegou a atingir o total de 11 molas em um único dia. Esta taxa de quebra de molas gerava um grande gasto para empresa com a compra de material para substituição e a parada não programada da máquina. Além de gastos com energia elétrica, reprocesso de produto e despesas com funcionários parados por causa da parada de máquina.

Já no mês de outubro, quando o novo sistema de controle instalado e estava em pleno funcionamento, nota-se a grande diminuição de quebras de molas de vibração. No dia em que houve a maior incidência de troca de molas, foram trocadas

apenas duas. Houve determinados períodos em que a máquina esteve em pleno funcionamento o dia todo sem que fosse necessária sua parada uma única vez por defeito no sistema de vibração.

A empresa tem um alto custo com funcionários parados, levando em conta que são necessários 4 funcionários para trabalhar na recheadora, sendo 1 operador e 3 auxiliares de produção, mais 4 operadores de embaladoras, mais 5 auxiliares de produto final.

Os dados apresentados são do setor do RH da empresa, levando em conta somente o custo com os funcionários, sem considerar os encargos sociais pagos pela empresa, a energia elétrica gasta e o reprocesso do produto, que o torna mais caro, por sofrer todo o processo novamente.

Podemos observar na Tabela 2 uma estimativa deste custo para a empresa, dependendo do número de horas paradas da máquina para manutenção.

**Tabela 2 – Custos com a máquina parada**

Funcionários	Quantidade	Salários por mês	R\$ por dia	R\$ por hora
Op. Recheadora	1	1.280,00	53,00	6,66
Aux. Produção	8	918,00	306,00	38,24
Op. Embaladora	4	1.280,00	212,00	26,64

**Fonte: Autor (2014).**

A máquina recheadora trabalha numa jornada de dezoito horas diárias sem interrupção durante o processo de fabricação. Esta jornada só é interrompida por paradas programadas, defeito da máquina ou no produto.

A meta de produção do biscoito do tipo recheado é de 1.200 kg/h. Sem nenhum equipamento apresentar defeito essa meta muitas vezes é batida pelo pessoal da produção, podendo chegar até a 1.400 kg/h de biscoito produzido e embalado. No entanto, o valor real de produção diária gira em torno de 1.000 kg/h, portanto, abaixo da meta.

Estima-se que o custo para empresa de cada pacote de biscoito recheado é cerca de R\$ 0,35, para venda ao consumidor este pacote sai pela quantia de R\$ 0,75. Esse valor aparenta gerar uma margem de lucro relativamente baixa, porém, como o mercado está cada vez mais competitivo, a margem de lucro esperada pela empresa é alcançada. Para isso a Ninfa Alimentos vem investindo em novos e mais sofisticados equipamentos, produzindo produto com melhor qualidade e conquistando novos clientes.

Com base nesses dados, e considerando somente a mão-de-obra ociosa e a perda de produtividade, pode-se estimar que o custo para a empresa pela parada não programada da máquina recheadora é de cerca de R\$ 2.400,00 por hora de interrupção da produção.

O investimento da empresa com os componentes adquiridos para automatização do sistema de vibração da máquina recheadora pode ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3 – Valores dos componentes utilizados**

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Controlador IHM-MCP	1	2.000,00	2.000,00
Módulo de Controle de Potência MCP-V4	4	1.250,00	5.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>7.000,00</b>

**Fonte: Autor (2014)**

Os demais componentes, como cabos, conectores e bornes fusíveis, havia em estoque no setor de almoxarifado da empresa, não sendo repassados seus valores. Sendo assim, fica claro que apenas 3 horas da máquina recheadora parada já implica em perdas da ordem do investimento inicial. Logo, pode-se concluir que o projeto proposto apresenta uma clara viabilidade econômica.

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo inicialmente proposto do presente trabalho é a automatização do sistema de acionamento das calhas vibratórias que alimentam a máquina recheadora, através de um único controlador, centralizado e de fácil acesso aos operadores.

Este controle centralizado foi empregado para controlar a potência de vibração de forma automática visando assim, evitar desperdícios para empresa e paradas inoportunas de produção.

O sistema funcionou como previsto, reduzindo a frequência de parada de produção por defeito nas molas de vibração, os custos com compra de material e melhorando o desempenho da máquina. Houve uma melhora bastante significativa na operação da máquina recheadora por parte dos operadores, permitindo colher resultados positivos no produto final.

Com o novo sistema de controle instalado registrou-se também um aumento na produção de biscoitos, passando a alcançar quase sempre a meta diária de produção que é de 1.200 kg/h. Não se faz mais necessário a regulagem manual do controle de potência, uma das principais causas de quebra das molas, e não é necessário a intervenção dos profissionais da manutenção da empresa em visitas diárias à máquina, como vinha ocorrendo.

A maior dificuldade encontrada na realização do trabalho foi a realocação do painel, pois o mesmo não podia ser desligado durante o horário de produção, visto que a empresa trabalha em uma jornada de trabalho de vinte quatro horas diárias. Apenas a máquina recheadora trabalha dezoito horas, ficando no horário das 23:00 às 05:00 sem funcionar, porém, no painel da mesma onde foi feita a readequação para instalação do novo sistema, existem mais componentes que não podem ser desligados, ou seja, o trabalho foi feito em etapas, para melhor aproveitamento do tempo de trabalho e de máquina parada.

Conclui-se ainda que do ponto de vista da empresa Ninfa Alimentos, a automatização do controle de potência dos vibradores foi bem sucedida, justificando o pequeno investimento realizado, com a menor perda de produtos e embalagens.

## REFERÊNCIAS

ROSARIO, João Maurício. **Automação Industrial** – São Paulo: editora Baraúna SE Ltda, 2009.

GEORGINI, Marcelo, 1971. **Automação Aplicada 7ª edição** – Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs – São Paulo 2000, editora Érica.

NATALE, Ferdinando, 1946. **Automação Industrial 2ª edição** - Edição Revisada e Atualizada – São Paulo 1997, editora Érica.

VICENTE, Antonio Madrid. **Manual de Indústrias dos Alimentos** – São Paulo 1995, Livraria Varela.

Introdução aos Controladores Lógico Programáveis (CLP) 1998. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf>> Acesso em 25 agosto 2013.

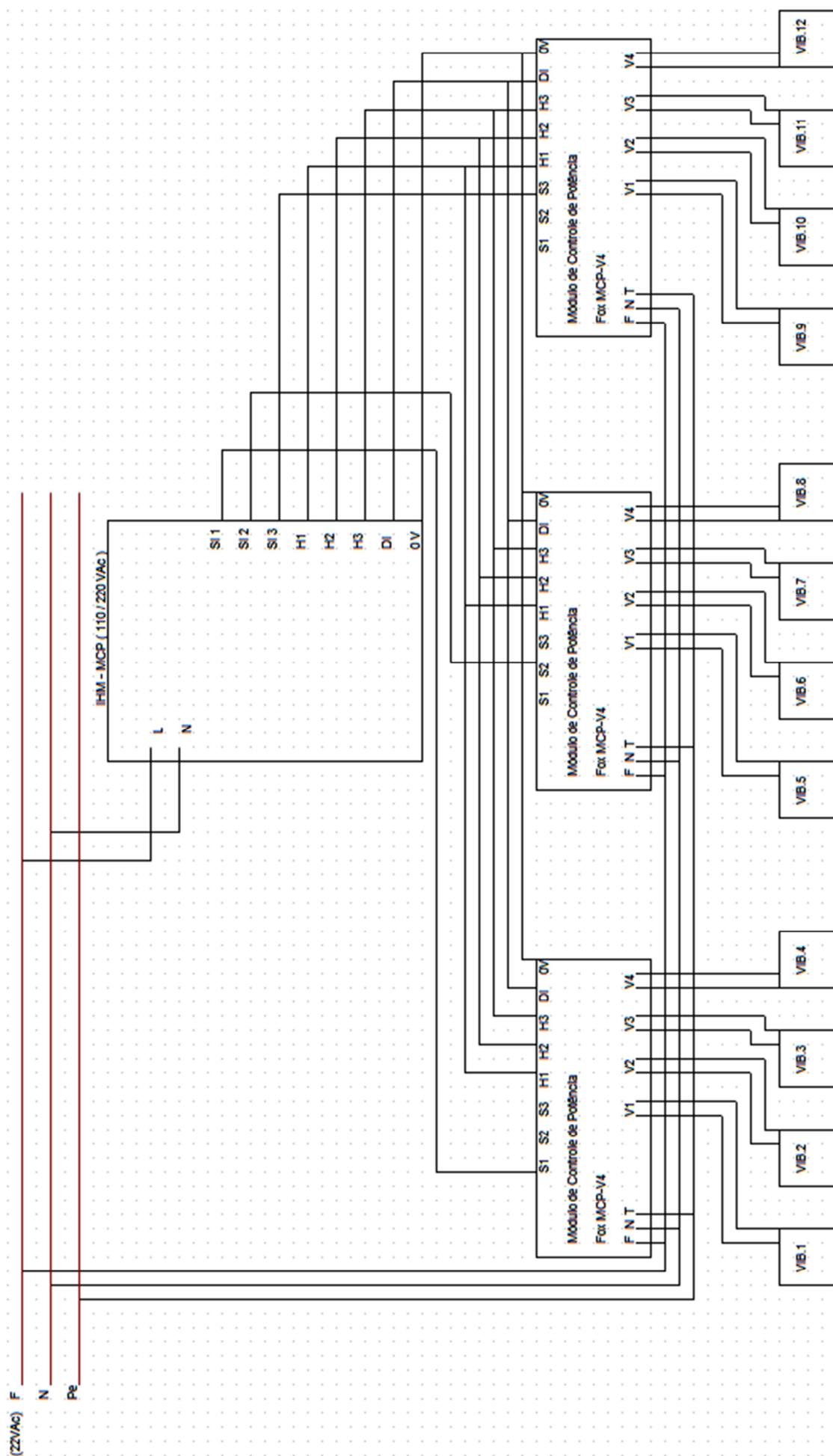
FOXTRONIC TECNOLOGIA ELETRÔNICA 2008. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.foxtronic.com.br>> Acesso em 25 agosto 2013.

NORMAS PARA ELABORAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS – REITORIA 2008. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <[http://www.daqbi.ct.utfpr.edu.br/ftp/normas\\_trabalhos\\_utfpr.pdf](http://www.daqbi.ct.utfpr.edu.br/ftp/normas_trabalhos_utfpr.pdf) > Acesso em 26 setembro 2013.

WEG. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.weg.com.br>> Acesso em 28 setembro de 2013.

Ninfa Industria de Alimentos. Disponível em: <<http://www.ninfa.com.br>> Acesso em 16 julho de 2013.

**APÊNDICE A – ESQUEMA LIGAÇÃO ENTRE CONTROLADOR E MÓDULOS DE  
POTÊNCIA**



**APÊNDICE B – PROJETO DO COMANDO DO ACIONAMENTO DOS MÓDULOS  
MCP-V4 E CONTROLADOR IHM-MCP**

