

## DESENVOLVIMENTO DE UMA BRIQUETADEIRA HIDRÁULICA AUTOMATIZADA COMO PROJETO INTEGRADOR

Carolini de Souza Pocovi, carolini.p@aluno.ifsc.edu.br<sup>1</sup>  
Alice Raquel Ferreira Soares, 1120204@isep.ipp.pt<sup>1</sup>  
Marcos Butignol Rodrigues, cacobutignol@hotmail.com<sup>1</sup>  
Max Rodrigues Baranenko, max.baranenko.ifsc@gmail.com<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa Catarina/Departamento de Metal Mecânica

**Resumo:** A briquetagem tem por objetivo a aglomeração, por meio de ligantes, de materiais de granulometria fina, obtendo assim produtos de maiores dimensões. Por meio deste processo, torna-se possível a reutilização de materiais que seriam descartados, utilizando resíduos vegetais na fabricação de briquetes que substituem com eficiência a lenha com maior durabilidade, tendo assim um produto mais sustentável. Além disto, o briquete não emite fumaça, cheiro e fagulha durante sua queima. Pensando-se nisto, projetou-se para o componente curricular de Projeto Integrador IV da Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis, uma briquetadeira hidráulica automatizada, desde sua mecânica até a programação do CLP (Controlador Lógico Programável), validando seu funcionamento em bancada, o que agrega no conhecimento dos alunos, permitindo integração de conteúdos estudados/adquiridos em diferentes disciplinas. Como base de metodologia de projeto para desenvolvimento de produto utilizou-se o PRODIP. A concepção desta máquina tem importância para o mercado brasileiro e eleva questões de sustentabilidade, utilizando resíduos que seriam descartados.

**Palavras-chave:** CLP, Fabricação de briquete, Briquetadeira hidráulica, Metodologia de projeto, Projeto integrador.

### 1. INTRODUÇÃO

Este artigo refere-se ao projeto de uma briquetadeira hidráulica, ou seja, uma máquina de compactação de resíduos vegetais para transformá-los em briquetes, Fig. 1, e substituir o uso de carvão ou lenha. A briquetagem tem por objetivo aglomerar materiais de granulometria fina, obtendo assim produtos de dimensões maiores com a utilização de ligantes. Com isto, é possível a reutilização de materiais que seriam descartáveis em outras operações, utilizando resíduos vegetais, tornando o produto final mais sustentável.



Figura 1. Briquetes.

Disponível em: <<https://briquetescuritiba.wordpress.com/briquetes/#jp-carousel-41>>.

O mercado do Brasil apresenta condições favoráveis para a produção de briquetes, uma vez que existem elevadas concentrações localizadas de resíduos vegetais reduzindo os custos de coleta; também uma vigorosa demanda de combustíveis sólidos (ex: lenha), o que resulta de uma série de programas políticos de valorização dos recursos energéticos nacionais; subsistem as restrições ambientais para a exploração de madeira (FILIPPETTO, 2008).

De um modo geral, todos os resíduos vegetais são potencialmente compactáveis quando apresenta as condições apropriadas de umidade e granulometria. Assim, as vantagens da compactação que podem ser consideradas: o aumento do poder calorífico do material por unidade de volume; a facilidade de manuseamento, transporte e armazenamento dos briquetes devido à uniformidade do seu tamanho; a substituição do uso da lenha, limitando a extração de madeira (FILIPPETTO, 2008).

Tecnologias para compactação de resíduos vegetais podem ser por meio de extrusão por pistão mecânico, parafuso cônico, extrusora hidráulica, por rolos. No Brasil, a técnica de compactação de resíduos vegetais é pouco conhecida e utilizada. Com o objetivo de prover uma opção para fabricação de briquetes, desenvolveu-se uma concepção de uma briquetadeira automatizada.

O trabalho foi realizado pelos acadêmicos na disciplina de Projeto Integrador IV do curso de Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis, utilizando a metodologia de

desenvolvimento de produtos PRODIP, seguindo ao longo da disciplina as etapas informacional, conceitual e detalhado. Realizou-se o projeto mecânico, elétrico e a programação do CLP (Controlador Lógico Programável), validando sua lógica de operação em bancada hidráulica. Desta forma foram abrangidas as restantes disciplinas do módulo corrente, em destaque as disciplinas de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, Acionamentos Eletromecânicos e Informática Industrial I, contribuindo para o conhecimento e aprendizagem de situações interligadas presentes no desenvolvimento do projeto. Assim, a realização deste trabalho implicou uma *brainstorming*, proporcionando aos acadêmicos a melhoria das suas capacidades de perspicácia, resiliência e destreza na resolução dos diferentes problemas que lhes foram apresentados.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi baseada no PRODIP proposta por Back *et al*, 2008 para obtenção de produto no desenvolvimento do projeto de uma briquetadeira hidráulica, fazendo de maneira reduzida o projeto informacional, conceitual e detalhado. Iniciou-se com uma pesquisa de mercado, percebendo-se a necessidade desse tipo de desenvolvimento para o mercado brasileiro, já que muitas máquinas que são utilizadas no Brasil são importadas.

Os principais requisitos definidos para o projeto foram:

1. Fabricação de 1.000 unidades por hora: Compactando mais de um briquete simultaneamente, mantendo a competitividade do mercado.
2. Utilizar sistema hidráulico: O sistema hidráulico possui características fundamentais para a automação do projeto como: relação força/peso.
3. Tamanho do briquete: O tamanho ideal do briquete foi definido de acordo com a possibilidade de sua utilização. Assim definindo-se seu uso de acordo com o comprimento, pedindo-se um briquete de carvão com 60 mm de diâmetro por 250 mm de comprimento com um furo interno de 20 mm. Respectivamente utilizado em caldeiras com alimentação automatizada servindo como substituto para cavacos de madeira e para o uso doméstico como lareiras. O furo de centro permite o aumento da superfície de contato com o reagente, potencializando a velocidade de reação de combustão.
4. Segurança: Manter a segurança do usuário e da máquina. Para isto, utilizou-se um botão de emergência, pressostatos, sensor no reservatório para nível mínimo de material a ser compactado e carenagem.

A função global da máquina pode ser vista na Fig. 2, percebendo-se assim entradas e saídas do sistema. Como entradas temos energia, matéria e sinais elétricos. Temos saída de energia e dos briquetes ao final do processo de fabricação. Com o desdobramento da função global, consegue-se obter as funções parciais do sistema a ser projetado. Com essas funções, buscam-se princípios soluções mecânicas, eletroeletrônicas e de controle para que as tarefas sejam devidamente executadas.

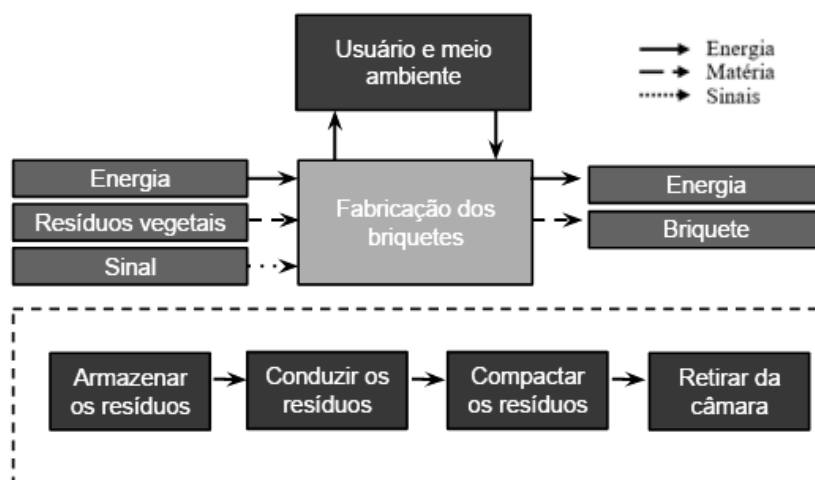


Figura 2. Função global.

## 2.1. Sistema mecânico

O sistema mecânico é o esqueleto da máquina e é constituído de um reservatório para os resíduos, um molde cilíndrico, portas (reservatório e molde) e da estrutura como um todo. O material utilizado foi selecionado consoante as necessidades do sistema mecânico. Visto que os perfis não sofrem esforços elevados, selecionou-se a liga de alumínio 6061 Al Mg Si Cu, que possui alta resistência mecânica e à corrosão, apresentando boa conformabilidade, soldabilidade e leveza. Atendendo a estas características e ao fato do alumínio não ser magnético nem produzir faíscas, selecionou-se a mesma liga para os restantes componentes da máquina (proteção dos equipamentos eletrônicos e estocagem de substâncias inflamáveis), o que reduz significativamente o peso total do equipamento, a probabilidade de ocorrer corrosão e o risco de explosão (MATWEB, s/d). A concepção mecânica pode ser vista da Fig. 3.

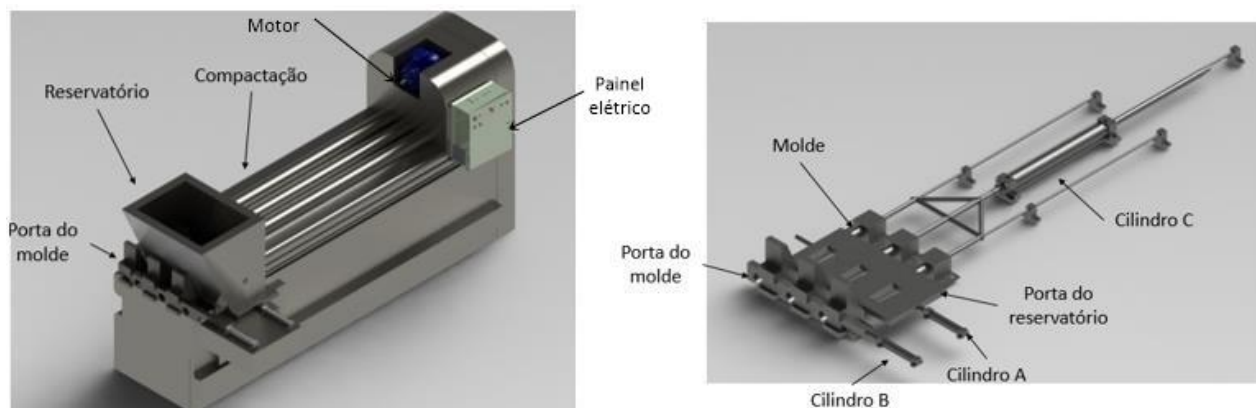


Figura 3. Concepção mecânica.

O reservatório recebe os resíduos a serem compactados, este possui uma passagem que é fechada por uma porta. A porta abre (cilindro A), permite a passagem de material e em seguida fecha para que se inicie o ciclo de compactação. O molde também possui uma porta para o momento da compactação que após o ciclo é aberta para que o briquete saia, demonstrado pelo cilindro B. A movimentação dos cilindros pode ser vista na Fig. 4 no diagrama trajeto passo. Essas portas (molde e reservatório), além do processo de compactação são realizados por meio de cilindros hidráulicos comandados pelo CLP.

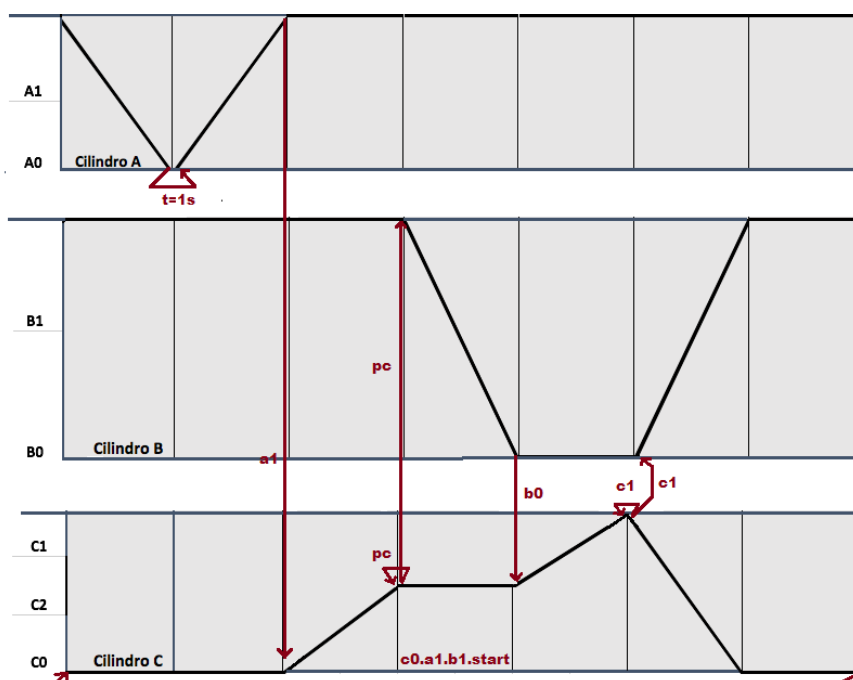
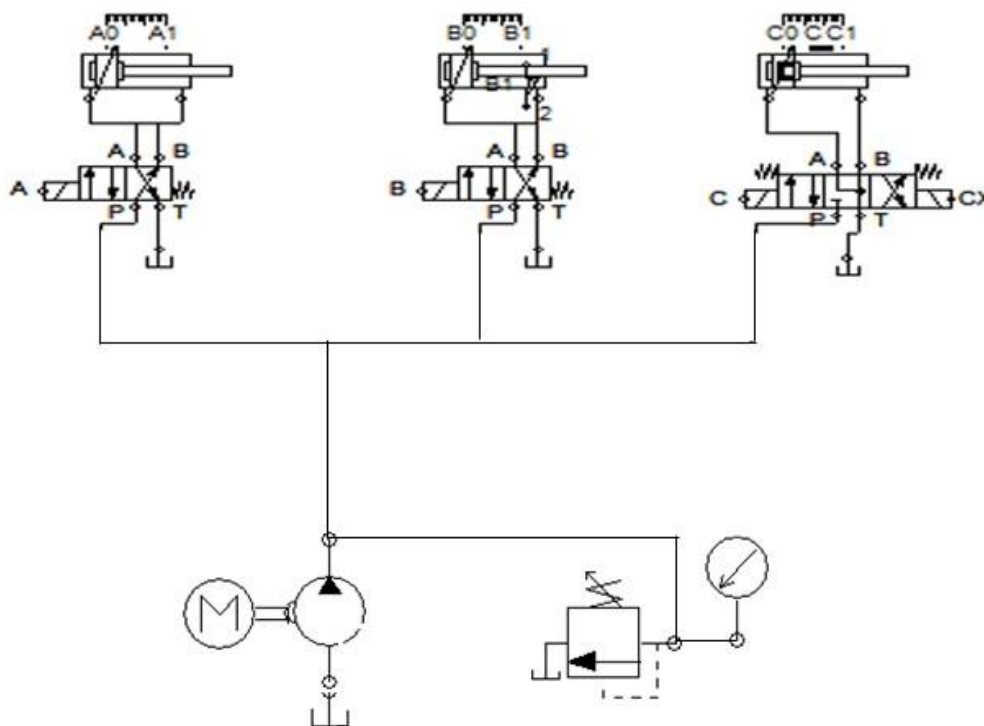


Figura 4. Diagrama trajeto-passo.

O cilindro A é quem permite ou não a entrada de material bruto a ser compactado. Ele possui um temporizador, o que permite sua abertura por 1 segundo. O cilindro C, que faz a compactação do material, irá para a metade do seu curso total até que seja percebida a pressão de compactação necessária para que o briquete fique bem moldado. Ao chegar nessa pressão o cilindro B que abre a porta para liberação do briquete fica em modo baixo, ou seja, abrindo a porta e o cilindro C chega ao seu fim de curso, liberando o briquete da máquina. Chegando ao fim de curso, o cilindro C volta, reiniciando o processo.

## 2.2. Sistema hidráulico

O sistema hidráulico possui grande flexibilidade de uso, permitindo movimentos suaves e rápidos, além de possuir uma relação entre peso, tamanho e potência menor que demais tipos de sistemas. Por esses motivos, o sistema hidráulico foi selecionado para o projeto. O sistema foi projetado para 100 bar para a compactação de um briquete e diâmetro do mesmo, pensando em utilização em lareiras residenciais. Este consiste no comando de recuo e avanço de três cilindros hidráulicos utilizando uma bomba hidráulica de vazão constante e três válvulas direcionais. Para os cilindros A e B, de simples efeito, são selecionadas válvulas direcionais 3/4 vias, normalmente abertas. Enquanto que para o cilindro C, de duplo efeito, a válvula direcional é de três estados. Também é necessária a utilização de uma válvula limitadora de pressão de modo a evitar possíveis danos no sistema. A Fig. 5 representa esquematicamente o sistema.



**Figura 5. Diagrama hidráulico.**

## 2.3. Sistema eletroeletrônico

Quando ativado o botão *Start*, ocorre o acionamento do motor e, conseqüentemente, da bomba hidráulica, proporcionando as condições necessárias para o funcionamento dos cilindros hidráulicos. Assim, realiza-se o encadeamento de ações desde a abertura da porta do reservatório ao fecho da porta do molde, repetindo-se infinitamente enquanto o botão *Start* estiver habilitado. Caso o botão *Start* seja desabilitado em algum momento do ciclo, a máquina prossegue com o encadeamento de ações até ao final desse ciclo mas, em seguida, desliga o motor, permanecendo nessa condição até nova habilitação do botão *Start*.

O botão *Em* (de emergência) encontra-se desabilitado, uma vez que apenas será acionado caso ocorra algum problema durante o funcionamento da máquina, desativando-a totalmente.

O cilindro hidráulico A é responsável pelo movimento da porta do reservatório. Com a abertura da porta do reservatório, o resíduo do carvão entra nos moldes. Esta fecha ao fim de 1 segundo, de modo a garantir os moldes cheios e sem possibilidade de fuga de material. A compactação inicia-se após o fecho da porta do reservatório.

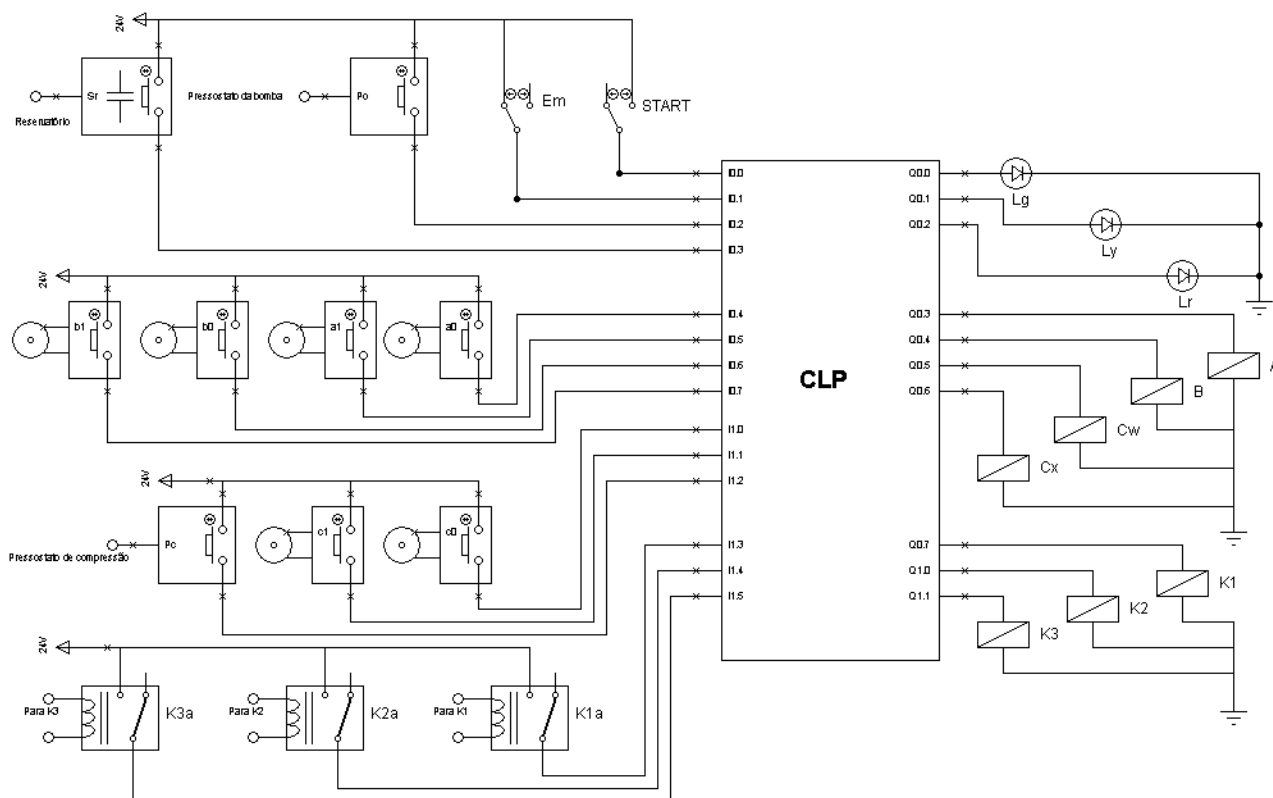
O cilindro hidráulico B é responsável pelo movimento da porta do molde. Para que ocorra a compactação é necessário que esta permaneça fechada. O cilindro C realiza a compactação até a pressão no pressostato ( $p_0$ ) for a exigida para o trabalho. Em seguida, a porta do molde abre, o cilindro C completa seu avanço para expulsar o briquete da máquina.

O circuito presente na Fig 6 é composto por componentes de controle e acionamento, os botões de trava, botão de emergência e os três leds. Os componentes de acionamento são os relés de avanço dos cilindros e dos contatores para acionamento dos motores. Os sensores adicionados na lógica são os sensores de fim de curso presentes nos cilindros, que são utilizados para implementação das lógicas.

A tabela 1 indica os sinais de entrada e de saída do CLP e a Fig. 6 demonstra as ligações elétricas e CLP.

**Tabela 1. Sinais de entrada e de saída do CLP.**

| ENTRADAS |       |              |              | SAÍDAS |      |          |            |
|----------|-------|--------------|--------------|--------|------|----------|------------|
| %I       | Nome  | Tipo         | Referente    | %Q     | Nome | Tipo     | Resposta   |
| 0.0      | Start | Botão trava  | Início       | 0.0    | Ig   | Led      | Operação   |
| 0.1      | Em    | Botão        | Emergência   | 0.1    | Iy   | Led      | Falha      |
| 0.2      | p0    | Pressostato  | Bomba        | 0.2    | Ir   | Led      | Energizado |
| 0.3      | Sr    | Sensor       | Reservatório | 0.3    | A    | Cilindro | Avança A   |
| 0.4      | a0    | Fim de curso | A aberto     | 0.4    | B    | Cilindro | Avança B   |
| 0.5      | a1    | Fim de curso | A fechado    | 0.5    | Cw   | Cilindro | Avança C   |
| 0.6      | b0    | Fim de curso | B aberto     | 0.6    | Cx   | Cilindro | Recua C    |
| 0.7      | b1    | Fim de curso | B fechado    | 0.7    | k1   | Contator | Liga       |
| 1.0      | c0    | Fim de curso | C aberto     | 1.0    | k2   | Contator | Liga Y     |
| 1.1      | c1    | Fim de curso | C fechado    | 1.1    | k3   | Contator | Liga Δ     |
| 1.2      | pc    | Pressostato  | Câmara       |        |      |          |            |
| 1.3      | k1a   | Contator     | Acionamento  |        |      |          |            |
| 1.4      | k2a   | Contator     | Liga Y       |        |      |          |            |
| 1.5      | k3a   | Contator     | Liga Δ       |        |      |          |            |



**Figura 6. Diagrama elétrico.**

## 2.4. Programação

O sistema de comando de um equipamento pode ser explicado pelo seu diagrama funcional (BOLLMANN, 1996), programado em *GRAFCET*. A Fig. 7 apresenta o diagrama funcional da briquetadeira, mostrando o fluxo do processo e as ações realizadas em cada etapa com entradas e saídas do sistema, de forma sequencial. Utilizou-se um CLP da *FESTO* e a programação foi realizada em ladder no *software FST*.

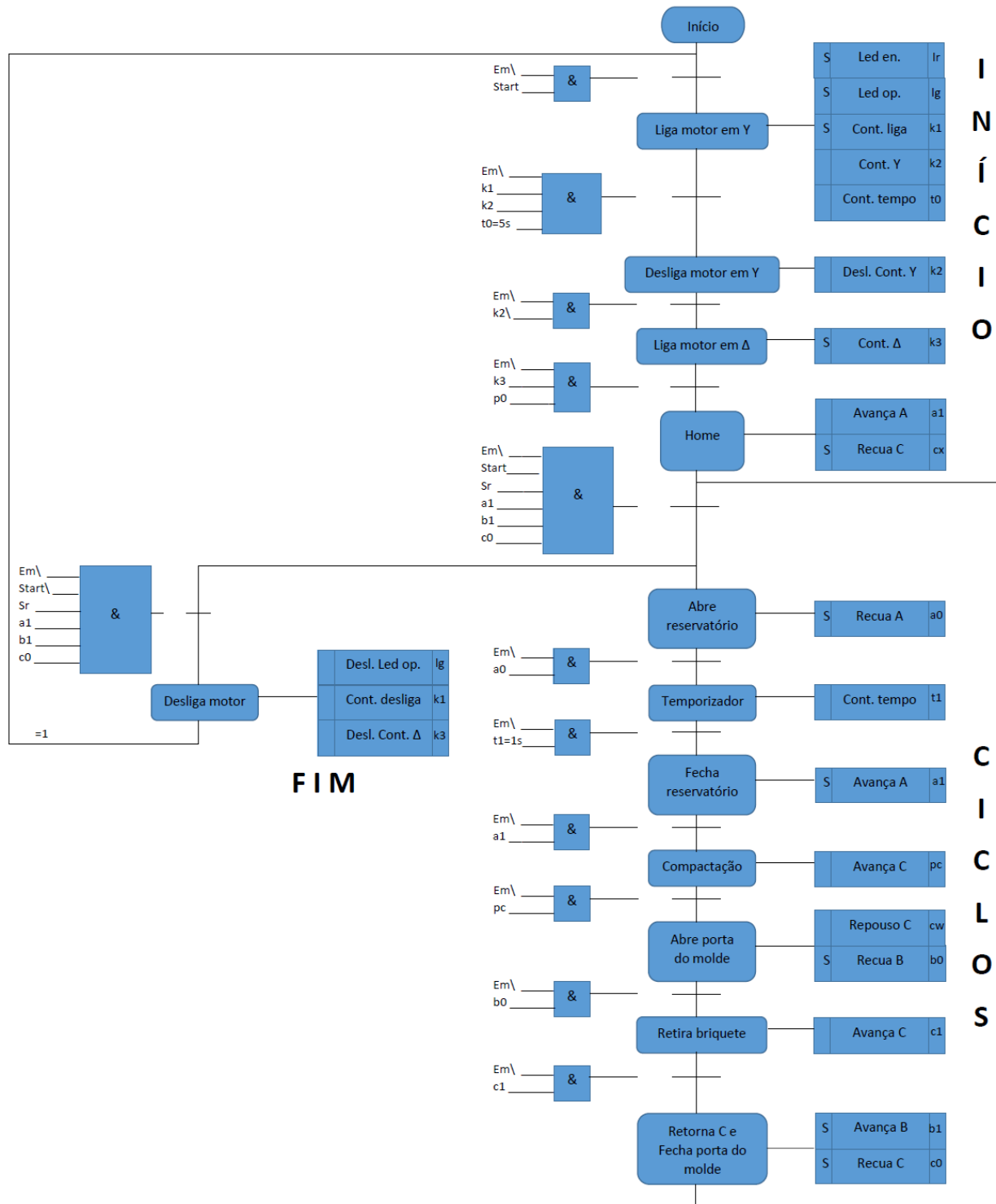
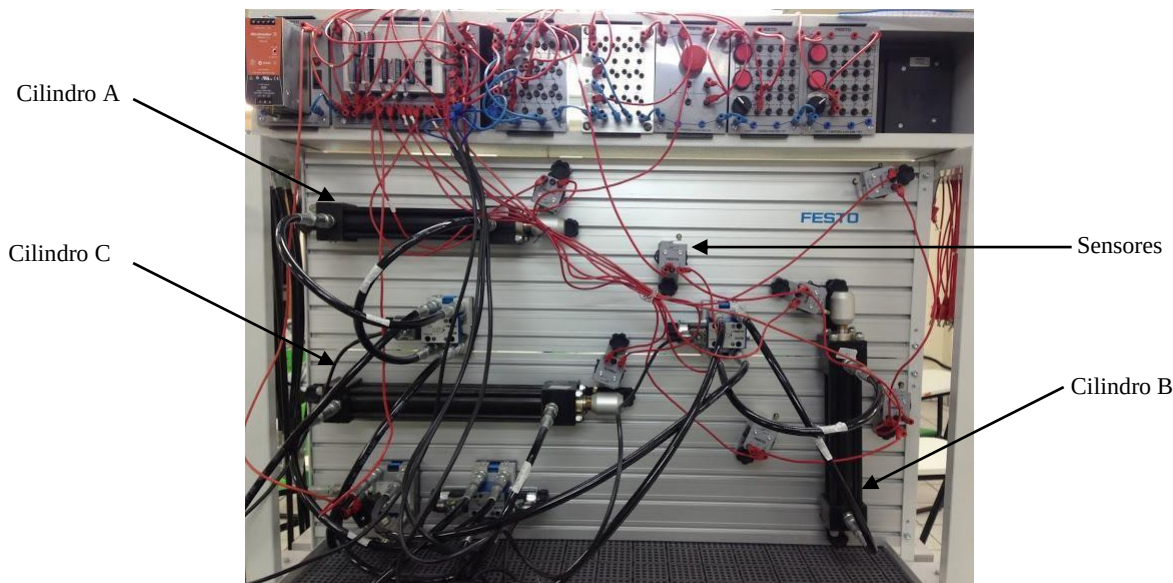


Figura 7. Diagrama funcional.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação em bancada hidráulica com comando por CLP, Fig. 8, obteve êxito de funcionamento. Para validação completa da máquina se faz necessária a fabricação da parte mecânica, percebendo assim a interação dos sistemas. O sistema hidráulico possui característica como: boa precisão de movimento, além de ser um multiplicador de força, proteção contra sobrecarga, dimensões reduzidas, que se fazem interessantes ao projeto realizado.



**Figura 8. Validação em bancada.**

Percebeu-se ao longo do desenvolvimento do projeto que a utilização de um *soft-starter* no acionamento do motor resultaria na otimização da máquina, além de sensores no reservatório para garantir nível e temperatura do óleo. A concepção realizada se mostra vantajosa, pois seus componentes são padronizados e de simples fabricação, permitindo assim sua reprodução.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atingiu-se o objetivo principal de efetuar um planejamento de uma máquina de compactação de resíduos vegetais para fabricação de briquetes. Percebe-se que há possibilidade para o mercado interno nesta área, reduzindo assim produtos que seriam descartados, reaproveitando-os. Faz-se importante o incentivo para projetos de máquinas nacionalizadas para a área de redução de resíduos, principalmente no Brasil que há uma vasta possibilidade na área.

A utilização de metodologia como confecção do diagrama funcional e o método de cadeia estacionária contribuíram para o desenvolvimento da programação e circuito hidráulico/eletroeletrônico.

A realização de projetos integradores ao longo do semestre proporcionou aos acadêmicos maior interação com as disciplinas ministradas no módulo, auxiliando no aprendizado e competências técnicas, além de desenvolver habilidades sociais imprescindíveis para o mercado de trabalho.

### 5. REFERÊNCIAS

- Back, N., Ogliari, A., Dias, A., Silva, J. C. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.
- Bollmann, A. Fundamentos da Automação Industrial Pneumática – Projeto de Comandos Binários Eletropneumáticos. São Paulo: ABHP, 1996.
- Filippetto, D. Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000430136&fd=y>>. Acesso em: 10 de julho de 2016.
- Matweb. Aluminum 6061. Disponível em: <<http://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=6061%20Al%20Mg%20Si%20Cu>> Acesso em 8 de julho de 2016.