

## DESENVOLVIMENTO DE UMA MINICÉLULA DE MANUFATURA PARA ESTUDOS DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

Thales Prini Franchi – [thales.prini@facens.br](mailto:thales.prini@facens.br)

Thiago Prini Franchi – [thiago.prini@facens.br](mailto:thiago.prini@facens.br)

Joel Rocha Pinto – [joel.rocha@facens.br](mailto:joel.rocha@facens.br)

Alessandro Bogila – [alessandro.bogila@facens.br](mailto:alessandro.bogila@facens.br)

Denis Borg – [denis.borg@facens.br](mailto:denis.borg@facens.br)

Centro Universitário Facens

Rodovia Senador José Ermírio de Moraes, 1425, - Alto da Boa Vista

18087-125 – Sorocaba - SP

**Resumo:** O presente artigo visa mostrar a utilização de uma minicélula de manufatura que foi desenvolvida no Centro Universitário Facens para a utilização nas aulas dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecatrônica, principalmente nas disciplinas de laboratório de Instrumentação e Controle e Controle de Processos Industriais. A minicélula de manufatura foi desenvolvida por professores da instituição e por estudantes estagiários dos seus respectivos cursos e é composta por uma série de sensores (indutivos, óticos difuso, retrorreflexivo, barreira ótica e de detecção de cores), sistema pneumático com pistões de dupla ação e ação simples juntamente com suas eletroválvulas para realizar seu acionamento, motor de indução, encoder e motor de passo com seu respectivo driver de acionamento, inversor de frequência e um controlador programável. Com a minicélula didática é possível realizar os estudos referentes aos princípios físicos dos funcionamentos de sensores, acionamentos de motores e lógica de programação de controladores programáveis, possibilitando dessa forma que o professor simule, em laboratório, problemas que os estudantes irão deparar nas indústrias quando estiverem no mercado de trabalho. O Centro Universitário Facens acredita que o desenvolvimento e utilização de kits didáticos projetados na própria instituição permite obter conhecimentos avançados do seu corpo docente e de seus estudantes, uma vez que os mesmos participam de todo o processo de desenvolvimento de engenharia e também possibilitam realizar simulações de problemas reais no contexto do curso, sendo de suma importância para o desenvolvimento profissional do estudante, pois o mesmo adquirirá experiências práticas na aplicação no seu dia a dia quando estiverem no mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** Automação. Kit's didáticos. Instrumentação.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria vive a 4ª Revolução Industrial, que pode ser dito que é um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico. As outras Revoluções Industriais foram: Mecânica (1ª), Elétrica (2ª) e Automação (3ª). Essas revoluções industriais com a atualização da tecnologia no processo de fabricação são de fundamental importância para que se tenha um mercado cada vez mais competitivo e com produtos de excelência (INDUSTRIA 4.0, 2019). Porém, de nada adianta pensar na 4ª Revolução Industrial sem que as instituições de ensino se preocupem com a formação básica dos estudantes, em termos de instrumentação industrial. Isso também é reforçado pelo fato de que muitos estudantes ainda irão trabalhar em uma indústria que é da 2ª Revolução industrial (SCHWAB, 2016).

Nos cursos de Engenharia Elétrica e Mecatrônica são oferecidas as disciplinas de Instrumentação e Controle e Controle de Processos Industriais. Ambas as disciplinas têm papel importante nas engenharias e para que os alunos possam adquirir conhecimentos práticos foi desenvolvido uma minicélula de manufatura com o intuito dos alunos obterem conhecimentos práticos sobre sensores, controladores e acionamentos. Esse kit possibilita aos estudantes testarem o funcionamento de sensores indutivos, ópticos, de cores entre outros e, também dos atuadores eletropneumáticos que também estão disponíveis no kit didático. Os testes nos kits são feitos através de projetos desenvolvidos com um controlador programável. De acordo com os sinais emitidos pelos sensores é possível fazer o controle da minicélula, tanto para gerar vários caminhos para as retiradas das peças quanto para o controle de velocidade da esteira, pois o kit possui um inversor de frequência.

Este kit didático possibilita aos estudantes testar na prática os conhecimentos adquiridos ao longo curso, dos quais são necessários conceitos de Lógica, Programação, Circuitos Elétricos, Eletrônica Analógica, Eletrônica Digital, Acionamento de Motores Elétricos, entre outros.

Os objetivos principais desse kit é oferecer aos estudantes conhecimentos sólidos na área de instrumentação industrial, destacando os conceitos físicos de funcionamento dos sensores (MELO, 2018). Esse kit foi desenvolvido com o objetivo de ser de baixo custo em relação aos kits didáticos comerciais, que são amplamente utilizados no ensino de Engenharia.

O kit também pode ser utilizado em outros cursos de Engenharia, principalmente no curso de Engenharia de Produção para análises estatísticas de otimização do processo produtivo.

A Figura 1 apresenta uma visão da sala do Laboratório de Controle com os seis kits didáticos que foram desenvolvidos.

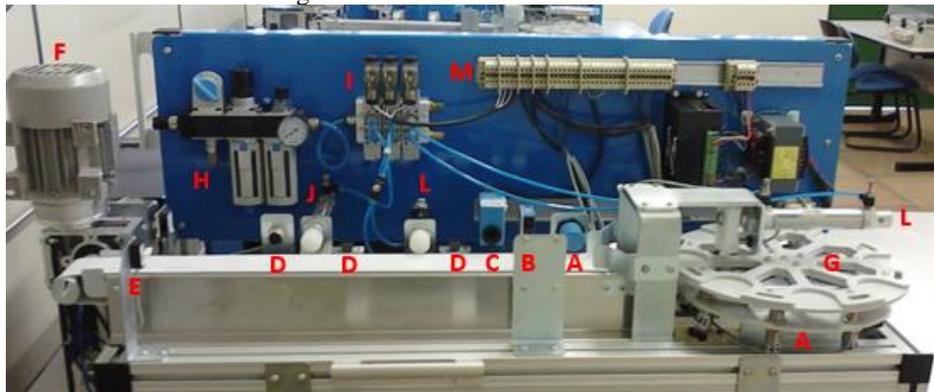
Figura 1 – Visão da sala do laboratório com os seis kits didáticos desenvolvidos.



## 2 A MINICÉLULA DE MANUFATURA

A minicélula de manufatura desenvolvida pode ser utilizada em dois focos distintos dentro da automação industrial, onde a mesma pode ser utilizada para experimentos voltados para a área de instrumentação industrial e para a área de programação de controladores programáveis. A Figura 2 ilustra o kit didático da minicélula de manufatura.

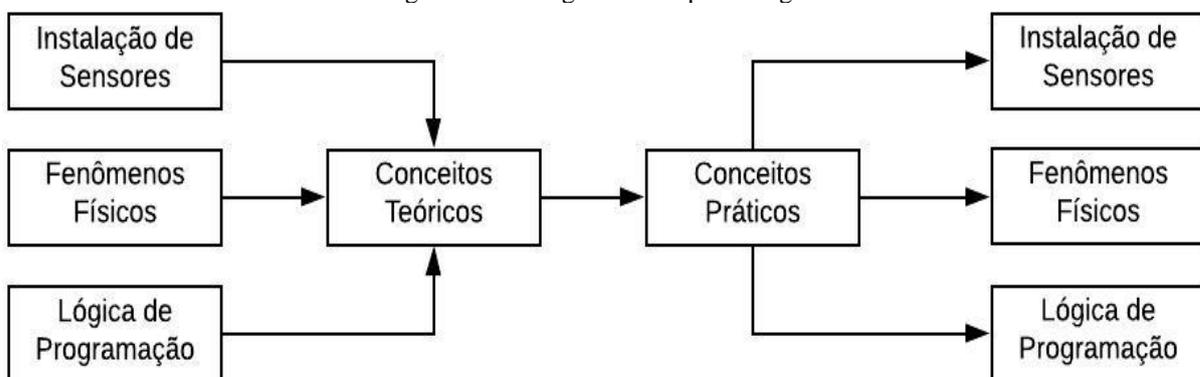
Figura 2 – Minicélula de Manufatura.



Na composição sensorial do kit estão instalados diversos sensores que possibilitam detectar vários tipos de materiais e dentre os sensores podem-se destacar: sensor indutivo (A), sensor ótico retroreflexivo (B), sensor de cor (C), sensor ótico difuso (D) e sensor ótico de barreira (E). Para o sistema de acionamento elétrico e mecânico da esteira há um motor de indução trifásico (F) e um motor de passo, que é responsável por acionar o disco alimentador da esteira (G). Também possui um sistema pneumático composto pela unidade lubrificador (H), eletroválvulas (I) e pistões de ação simples (J) e de dupla ação (L). Todos os elementos instalados no kit estão conectados na borneira (M), que podem ser conectados aos kits didáticos do Controlador Programável e do Inversor de Frequência.

O kit é utilizado nas disciplinas técnicas de laboratório voltadas para a automação industrial, onde o estudante primeiramente realiza o estudo teórico em sala de aula e verifica seu funcionamento prático, nesse conceito o kit fornece ao estudante a capacidade de se tornar o protagonista do seu conhecimento (RAABE, 2018). A Figura 3 ilustra o fluxograma das etapas de aprendizagem, uma vez que os conceitos teóricos sejam absorvidos com melhor qualidade, pois assim os alunos aplicam na prática os conhecimentos adquiridos.

Figura 3 – Fluxograma de Aprendizagem.



Uma das aplicações de utilização do kit apresentado é na instrumentação industrial, onde possibilita aos alunos absorverem os conteúdos práticos aplicados referentes ao funcionamento físico e às instalações elétricas dos principais sensores e atuadores utilizados no mercado. Dessa forma, o estudante consegue aplicar e verificar a veracidade do conceito teórico aprendido, onde o mesmo deve realizar as ligações elétricas e analisar seu funcionamento de forma experimental.

Uma vez que o aluno compreendeu os conceitos físicos de sensores e atuadores, é apresentado aos mesmos novos conceitos que englobam a utilização do kit. A missão é realizar a integração dos sensores e atuadores ao controlador programável, ou seja, os alunos devem desenvolver uma lógica de funcionamento do kit e realizar a programação do controlador e para isso, está à disposição dos estudantes dois kits que são utilizados com a minicélula de manufatura, sendo os kits de controlador programável e o de inversor de frequência. Esses kits podem ser visualizados pelas Figuras 4 e Figura 5 respectivamente.

Figura 4 – Kit Didático de Controlador Programável.



Figura 5 – Kit Didático de Inversor de Frequência.



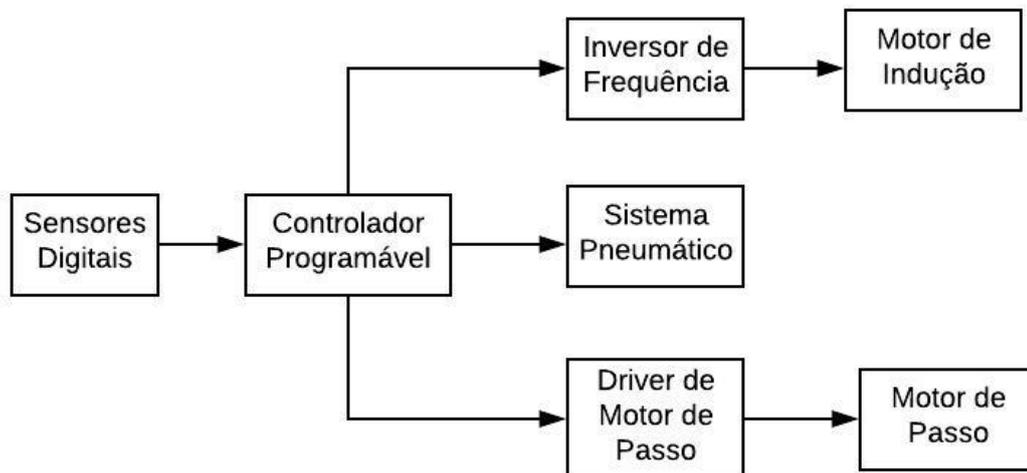
Os sensores do kit didático da minicélula de manufatura são ligados nas entradas digitais do controlador programável, onde o mesmo através da programação efetuada pelos estudantes deve ser capaz de acionar o *driver* do motor de passo, que aciona o disco alimentador da esteira e posiciona a peça na posição adequada, para a inserção da mesma na esteira.

Para acionar o motor de passo é utilizado uma saída rápida do controlador programável que é responsável por gerar pulsos de frequência adequada na entrada do seu *driver* de acionamento. O acionamento do motor de indução é feito por um inversor de frequência, no qual o mesmo recebe uma tensão de 0 a 10 V em sua entrada analógica proveniente da saída analógica do controlador programável, com isso é possível realizar o controle de velocidade do motor, alterando seu parâmetro de frequência do inversor.

Para o acionamento dos pistões eletropneumáticos é utilizado um módulo de expansão de saída digital a relé do controlador programável, onde o mesmo é alimentado com a tensão de 24 V e as suas respectivas saídas são direcionadas às eletroválvulas.

A Figura 6 representa um diagrama de blocos da ligação dos sensores, controlador programável e atuadores.

Figura 6 – Diagrama de Blocos da Ligação dos Kits Didáticos.



Através da descrição acima pode-se efetuar diversos tipos controle e também são elaborados vários problemas práticos para os alunos resolverem, tais como:

- Separação de materiais metálicos do não metálicos;
- Separação de materiais pela cor do material.

Abaixo está descrito de forma resumida os princípios de alguns experimentos.

#### A) Separação de Materiais Metálicos dos Não Metálicos

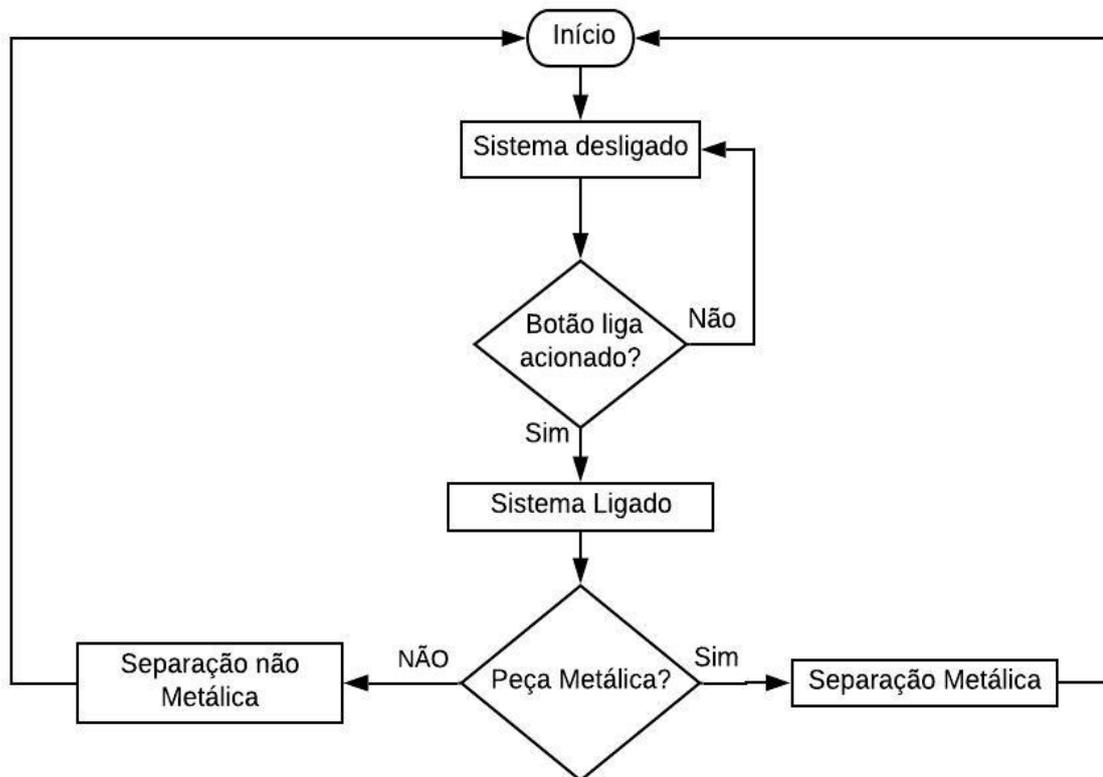
Nesta aplicação é solicitado aos estudantes o desenvolvimento do esquema de ligação dos sensores e atuadores para realizar a separação dos materiais metálicos e dos não metálicos.

No início da programação todos os atuadores eletropneumáticos devem começar recuados e o motor de indução e de passo desligados. Ao acionar o botão de início no controlador programável o motor de passo entra em funcionamento e gira a bandeja que contém as peças metálicas e não metálicas, os sensores indutivos (A) embaixo da bandeja são responsáveis por selecionar o instante exato para desligar o motor de passo e acionar o pistão eletropneumático (L), que impulsiona a peça na esteira e o recua depois de um segundo. No instante do acionamento do pistão eletropneumático é acionado através de uma saída analógica do controlador programável o inversor de frequência, e o mesmo aciona o motor de indução na velocidade desejada.

Quando a peça passa pelo sensor indutivo no início da esteira, este detecta se a peça é metálica, caso seja ela pode ser retirada da esteira pelo acionamento do pistão eletropneumático (L), em seguida desliga o motor de indução e recomeça o ciclo de funcionamento. Por outro lado, se a peça não for metálica o sensor indutivo não detecta, mas o sensor ótico (B) reconhece e pode retirar a peça da esteira pelo acionamento do pistão eletropneumático (J), na sequência desliga o motor de indução e recomeça o ciclo de funcionamento.

Também pode-se realizar a programação do controlador programável para controlar a velocidade do motor de indução através do acionamento dos sensores que estão nas posições intermediárias da esteira. A Figura 7 ilustra o fluxograma de funcionamento do experimento.

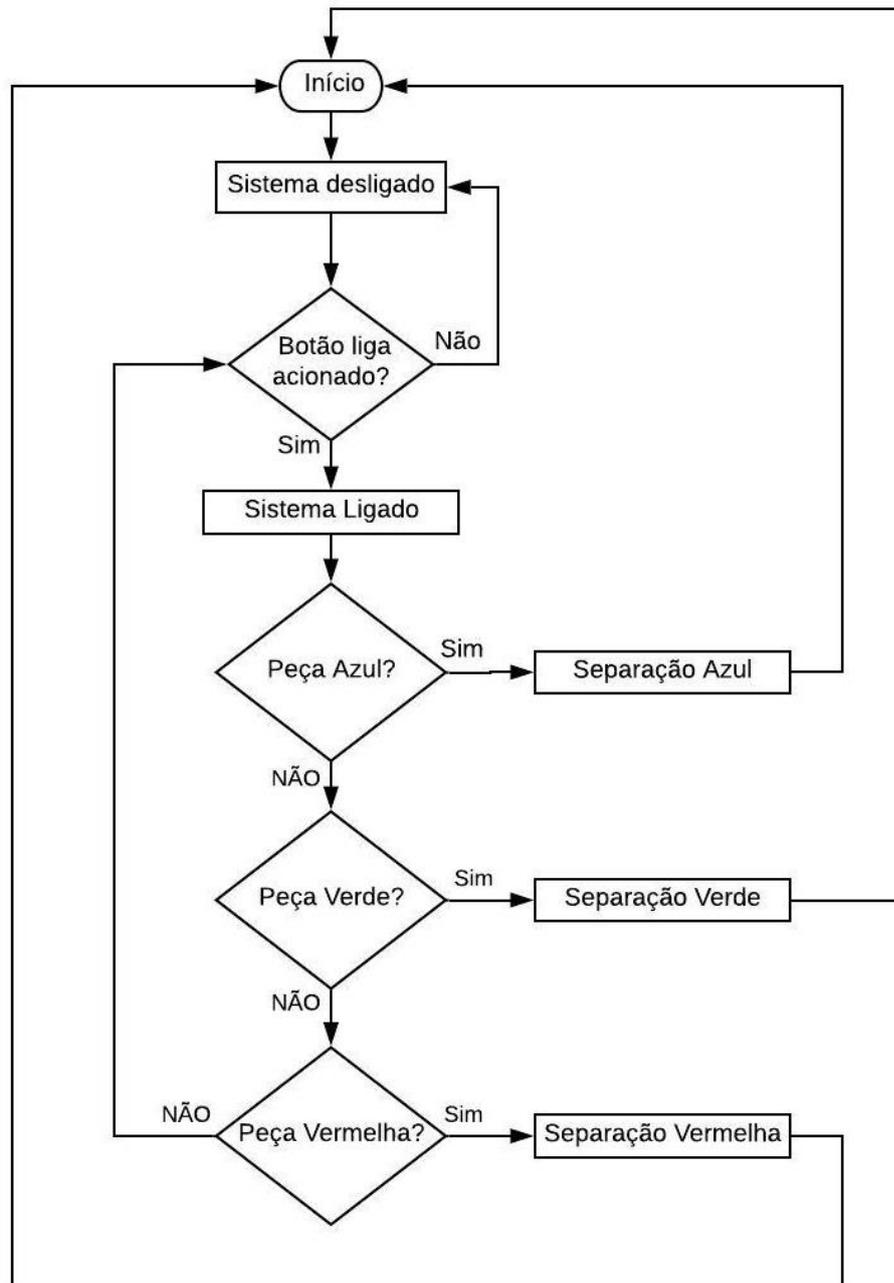
Figura 7 – Fluxograma de Funcionamento do Experimento.



### B) Separação de Materiais Pela Cor

Um sensor importante, que é muito utilizado no âmbito industrial, é o sensor de cor e para este sensor instalado na minicélula de manufatura ser utilizado de forma correta é necessário realizar a calibração das cores no dispositivo. Sendo assim, ocorre a necessidade de realizar a calibração das cores que são utilizadas no experimento, para cada cor ajustada corresponde a uma entrada digital do controlador programável, pois ao reconhecer a cor o sensor deve enviar ao controlador um sinal de nível lógico "1". De acordo com a cor do objeto inserido na esteira o controlador programável poderá ser programado para realizar a identificação e separá-lo pelo acionamento dos pistões pneumáticos. A Figura 8 ilustra um fluxograma simples de separação de materiais pela cor no decorrer do processo automatizado.

Figura 8 – Fluxograma de Separação de Peças pela Cor.



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma minicélula de manufatura e a sua utilização nas aulas de laboratório com ênfase em instrumentação, controle e automação industrial dos cursos de Engenharia Elétrica e Mecatrônica permitiu o desenvolvimento de aulas mais dinâmicas e com estudos práticos relativos aos sensores, atuadores e controlador programável. Os estudantes estudam materiais largamente utilizados nas indústrias e a condução da aula é feita para simular problemas reais que encontrarão quando estiverem no mercado de trabalho.

O Centro Universitário Facens preza muito para que seus alunos tenham conceitos teóricos e principalmente conceitos práticos, pois dessa forma o aprendizado através do manuseio de materiais industriais é melhor absorvido pelos estudantes.

Outro ponto importante no desenvolvimento do kit, além da produção do conhecimento entre os professores e estudantes que participaram na criação e montagem do kit, é o valor comercial agregado. Com o valor desembolsado na construção dos seis kits é possível adquirir apenas um único kit comercial equivalente.

## REFERÊNCIAS

FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de processos industriais: princípios e aplicações**. São Paulo, SP: Érica, 2011. 255 p. ISBN 9788536503691.

INDUSTRIA 4.0. **Agenda Brasileira para Industria 4.0**. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MELO, F. B.; BORG, D. **Instrumentação industrial essencial**. São Paulo, SP: Allprint, 2018. 353 p. ISBN 9788541114127.

RAABE, A. L. A. et al. **Educação criativa: multiplicando experiências para a aprendizagem**. Recife: Pipa Comunicação, 2016. Disponível em: <https://www.pipacomunica.com.br/produto/educacao-criativa>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SCHWAB, KLAUS. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. ISBN 9788572839785

## DEVELOPMENT OF A MANUFACTURE MINICELL FOR INDUSTRIAL INSTRUMENTATION STUDIES

**Abstract:** *This paper aims to show the application of a manufacture minicell developed by the Facens University Center to be used in classes of the Electrical and Mechatronics Engineering courses, mainly for laboratory classes of Instrumentation and Control and Industrial Processes Control. The minicells were developed by professors of the institution and students during trainee of their respective courses and it is composed of a sensor series (inductive, diffuse optical, retroreflexive, optical barrier and color detection), pneumatics system with double action and simple action pistons along with electro valves to execute the actioning, induction motor, encoder, and stepper motor with its respective actioning driver, frequency inverter and a programmable controller. With the didactic minicell, it is possible to realize the studies related to the physical principles of the sensor's operation, motors actioning and programming logic for programmable controllers, by that, enabling the professor to simulate, in laboratory, problems that the students would face in industry when they enter the labor market. The University Center Facens believes that the development and use of didactics kits projected inside the institution allows to obtain advanced knowledge of its academic staff and its students, once they participate of all the process of engineering development and also allows to realize simulations of real problems at the context of the course, being of great importance for the professional development of the student, because the student will acquire practical experience for the application at the daily practice when the student enters the labor market.*

**Key-words:** Automation. Educational kits. Instrumentation.