

APLICAÇÃO DO MODELO ADDIE NO ENSINO DE TÉCNICAS DE PROJETO DE SISTEMAS DE MANUFATURA

João Thiago de Guimarães Anchieta e Araújo Campos¹, joathiogocampos@hotmail.com
Robson Marinho da Silva¹, rmsilva@uesc.br

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, Rod. Ilhéus-Itabuna Km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, BA – Brasil.

Resumo: A associação da teoria à prática nos cursos de graduação em engenharia é relativamente difícil, pois depende de vários fatores, tais como, utilização de ferramentas adequadas, visitas técnicas a fábricas e de laboratórios adequados. Há necessidade do uso de métodos de ensino que permitem ao aluno agregar o conhecimento prático ao teórico no ambiente de sala de aula. Neste contexto, o uso do modelo ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) é uma alternativa para o aumento da eficiência de aprendizado. Por outro lado, existe uma grande quantidade de processos automatizados que vêm se tornando cada vez mais complexos em função das necessidades de mercado e que demandam nas fases de projeto e de implementação conhecimentos e técnicas para modelá-los e analisá-los de forma eficiente. Assim, esta pesquisa propõe um método de ensino baseado no modelo ADDIE aplicando este modelo para o ensino de sistemas de manufatura (SMs) utilizando a técnica de redes de Petri para estruturar o desenvolvimento dos modelos dos componentes e a dinâmica destes sistemas. O método proposto permite analisar o perfil do aluno e os recursos disponíveis, sistematizando-os de forma clara e objetiva e resultando numa estrutura seqüencial: revisão literária, apresentação e desmembramento do processo da estação de distribuição, visualização do processo, elaboração do diagrama de processos pelos alunos, e aula expositiva. O uso do método proposto possibilitou identificar mais facilmente os problemas existentes no âmbito pedagógico e de recursos materiais e humanos, retroalimentando o processo de ensino para torná-lo mais eficiente e desse modo busca contribuir para aumentar a qualidade de ensino na área de engenharia, e para a formação de profissionais mais preparados para o mercado de trabalho. Um exemplo de aplicação numa bancada didática de SM é apresentado para ilustrar as vantagens do método proposto.

Palavras-chave: método de ensino, sistemas produtivos, ADDIE, rede de Petri, sistemas de manufatura.

1. INTRODUÇÃO

A globalização exige profissionais de engenharia de alto grau de conhecimento, visto que essa era caracteriza-se principalmente pela rápida troca de informação, independente das fronteiras geográficas, culturais, sociais ou econômicas (Leitão, 2009). A busca por engenheiros começa nas universidades que geram o conhecimento necessário para exercer a profissão. A qualidade desses novos profissionais depende principalmente dos recursos disponíveis nas instituições de ensino e de sua atualização tecnológica perante à esses novos desafios da era globalizada.

De acordo com Junqueira (2006), nos Sistemas de Manufatura (SMs), as mudanças são caracterizadas por uma gradual migração do paradigma "fordista" de produção para um novo modelo. Estas novas perspectivas requerem novos conhecimentos quanto à natureza dos sistemas e quanto às formas com que os desempenhos esperados possam ser alcançados. Ou seja, atualmente existe uma grande quantidade de processos automatizados que vêm se tornando cada vez mais complexos em função dos desafios e necessidades do mercado atual, que demandam, nas fases de projeto e de implementação, ferramentas de engenharia cada vez mais poderosas para modelá-los e analisá-los de maneira eficiente.

Rede de Petri (RdP) é uma técnica bastante adequada para modelagem, análise e *design* de sistemas (Reisig, 1985). Esta ferramenta permite uma descrição gráfica e matemática do sistema e oferece a possibilidade de: (i) representação dinâmica do sistema e sua estrutura em vários níveis de abstração, (ii) representação do processo com sincronismo, concorrência, causalidade, conflito, compartilhamento de recursos, (iii) representação de estratégias de controle de SMs, e (iv) representação matemática para a realização de testes formais das propriedades dinâmicas do sistema.

Assim, o entendimento de ferramentas de modelagem e simulação para engenheiros e profissionais ligados à área da tecnologia é essencial para atingir níveis altos de excelência na eficiência dos processos produtivos de uma manufatura (Silva *et al.*, 2011). Este conhecimento deve ser adquirido nas universidades enquanto o profissional está em formação para, posteriormente, aplicá-los às situações que ocorrem no dia-a-dia do profissional. Em especial, para o estudante de engenharia e áreas afins, a teoria ensinada em sala de aula deve estar associada à prática. A aplicação deste

conhecimento é relativamente difícil para o aluno, pois dependem de fatores, tais como, ferramentas atuais, visitas técnicas a fábricas e laboratórios com equipamentos adequados. A carência de um desses fatores prejudica no aprendizado visto que o aluno não poderá associar a teoria num ambiente prático. Portanto, há necessidade do uso de métodos de ensino alternativos que permitam ao aluno agregar conhecimento prático ao conteúdo teórico ensinado em sala de aula.

Neste contexto, o uso do modelo ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) colabora no aumento da eficiência de aprendizado no meio acadêmico. O Modelo ADDIE incorpora as teorias herdadas do *Design* Instrucional (DI) com o objetivo de sistematizar as etapas baseado nos dados de entrada, saída e o processo que ocorrem durante o aprendizado (Jonassen *et al.*, 1999).

Portanto, este trabalho apresenta uma aplicação, e seus resultados, de cada etapa presente no modelo ADDIE para o ensino de técnicas de projeto de sistemas de manufatura em disciplinas do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) localizada em Ilhéus, BA. Um exemplo de aplicação numa bancada didática denominada estação de distribuição da linha MPS (*Modular Production System*) de uma multinacional alemã fabricante de sistemas de automação é apresentado para ilustrar as vantagens do método proposto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Sistemas de Manufatura Automatizados e os sistemas MPS

O sistema de produção modular (MPS – *Modular Production System*) busca padronizar elementos e métodos de sistemas produtivos (Festo-MPS, 2012). O MPS é um conjunto de módulos didáticos baseados em sistemas de produção combinado com estações de montagem ou componentes que permitem a configuração rápida para a produção de bens de baixa e média tecnologia. Existem duas categorias de elementos: as máquinas de processos primitivos que operam num estado de modificação do material por processos que usam a pressão, moldagem ou *drilling*, e a segunda categoria chamada de módulos de atuação que engloba o maquinário que realiza as movimentações na fábrica ou processos básicos como corte, colagem, etc. O sistema de produção modular é controlado por Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) permitindo maior customização do processo baseado em tempos e movimentos.

O módulo de produção em estudo neste artigo é uma bancada didática MPS movida por tecnologia pneumática chamada de estação de distribuição e tem como função distribuir o produto para o módulo posterior, constituído de posicionamento e distribuição do produto. Esta estação de distribuição é o primeiro módulo de um conjunto de 5 módulos sequenciais: estação de distribuição, testes, processamento, manuseio e armazenamento. Seu controle automático por meio de um *software* chamado Festo *Software Tool* (FST) permite ao usuário programar os processos de acordo com as necessidades acadêmicas, tais como mecânica, pneumática, elétrica, sensores e CLP. O FST permite determinar conformidades e não conformidades na linha de produção.

2.2. Rede de Petri (RdP)

Os processos e atividades para a concepção de um produto são meios que agregam valor ao produto. A busca por processos cada vez mais rápidos e mais baratos é necessária perante as necessidades do consumidor e a rápida dinâmica do mercado. Um processo é a transformação dos insumos (*inputs*) que agregam valor ao produto (*output*). Para sua visualização, é necessário encontrar meios que mostram esses processos e permitam modificá-los com o maior grau de certeza possível, evitando prejudicar a linha de produção e gerar custos para a empresa. Dessa forma, existem diversas ferramentas que permitem o seu mapeamento, modelagem e simulação. Entre as ferramentas oferecidas, destacam-se as redes de Petri (RdPs) criada em 1968 por Carl A. Petri objetivando a modelagem de sistemas com componentes concorrentes.

Se comparadas com outras técnicas de descrição de SEDs (cadeias de Markov, teoria das filas, álgebra de processo, álgebra max-plus, lógica temporal, teoria de linguagem e/ou autômatos), a rede de Petri possui uma capacidade equivalente de modelagem. Entretanto, o diferencial é sua facilidade de visualização do sistema e a possibilidade de derivação para programas de controle. A rede de Petri permite descrever o paralelismo (dois processos independentes), a competição por um recurso, a escolha entre várias alternativas e a sincronização dos processos (Reisig, 1985; Miyagi, 1996; Silva *et al.*, 2011). Ou seja, uma RdP é uma ferramenta gráfica de modelagem de sistemas complexos e adequada para abordagem baseada em sistemas a eventos discretos (Reisig, 1985) como os SMs permitindo estudar seus subsistemas caracterizados por funcionamento paralelo e compartilhamento de informações e recursos.

Um levantamento de trabalhos publicados, tais como Silva *et al.* (2011), Silva *et al.* (2012), Leitão (2009) e Junqueira (2006) e as suas referências, mostra que existem várias contribuições que tratam da aplicação do conceito de RdPs na área de SMs. Estes trabalhos também motivaram o procedimento aqui proposto.

2.2.1. Notação Gráfica e métodos de modelagem com redes de Petri

Para modelar o comportamento dinâmico de um SM é adotada uma classe de RdP proposta por David & Alla (1994) e usada em Silva *et al.* (2011), a qual é baseada na RdP lugar/transição, que foram adicionadas transições temporizadas (termos relacionados com PN são apresentados em fonte Arial), arcos inibidores e arcos habilitadores. Além disso, visto que este trabalho tem como objetivo contribuir para o ensino, modelagem e análise

através de RdP, adotou-se o editor e simulador conhecido como PIPE (*Plataform Independent Petri net Editor*) versão 2 (Bonet *et al.*, 2007) que é baseado na linguagem JAVA. O PIPE foi escolhido entre os editores e simuladores de RdP pela interface simples de usar, plataforma independente e, uma vez que o código fonte é aberto, o aplicativo apresenta fácil extensibilidade.

As redes de Petri são grafos bipartidos compostos de arcos (representados por círculos), transições (representados por barras), arcos orientados interligando os elementos anteriores e marcas (utilizadas para definir o estado de uma rede de Petri). O peso de um arco indica o número de arcos orientados de mesmo sentido entre dois elementos. Considerando o sentido dos arcos, chama-se lugares de entrada de uma transição, os lugares que possuem arcos no sentido destes lugares para a citada transição e, chama-se lugares de saída de uma transição, os lugares que possuem arcos no sentido da citada transição para estes lugares. A execução de uma rede de Petri é caracterizada pela variação do número de marcas nos lugares. As marcas nos lugares determinam o disparo das transições. Uma transição dispara removendo as marcas dos seus lugares de entrada e criando novas marcas em seus lugares de saída. A Fig.1 ilustra os principais elementos da rede de Petri apresentada nesta seção.

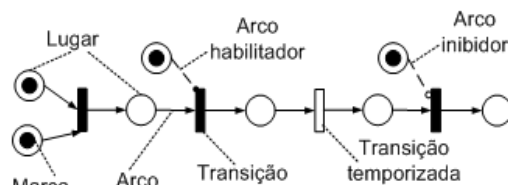


Figura 1. Elementos da rede de Petri (David & Alla, 1994)

Para a sua representação pode-se usar a técnica de refinamento sucessivo, que consiste em dividir os processos em sub-processos para facilitar a visualização e a representação pela rede de Petri. Caso o processo continua complexo, pode-se subdividir em outros processos até que a sua visualização se torna fácil de ser representada na modelagem (Miyagi, 1996).

De acordo com Cardoso & Valette (1997) a evolução dos processos num sistema pode se dar de forma simultânea ou não. Se esta se dá de forma simultânea, os processos podem ser completamente independentes ou relativamente independentes. Desse modo, o autor define os tipos de inter-dependência possíveis numa RdP, que são as interações entre os processos. Esta interação é dividida em quatro categorias: cooperação, competição, pseudo-parallelismo e parallelismo verdadeiro.

Na cooperação, os processos ocorrem para atingir um objetivo comum sendo independentes durante o processo porém devem atingir um estado único no final do fluxo, já na competição existe um compartilhamento de recursos entre dois sub-processos simultâneos que pode causar atrasos ou gargalos já que o recurso é compartilhado. No pseudo-parallelismo, o parallelismo é apenas aparente no processo, mesmo independentes eles não serão simultâneos. Por fim, no parallelismo verdadeiro os processos ocorrem independentes entre si sem precisar determinar qual evento precedeu o outro.

Para a representação em RdP propõe-se seguir 4 etapas: (i) definir uma lista de condições (representada pelos lugares) e ações (representadas por transições) de sua RdP, (ii) criar matrizes de entrada e de saída para representar as relações entre lugares e transições, (iii) representar graficamente uma RdP para cada transição, e (iv) unir todas as RdPs por transição em uma RdP completa, que represente o sistema modelado, definindo a marcação inicial da RdP. Num exemplo de ligar e desligar uma lâmpada, as Tabelas de 1 a 3 e as Figuras 2 e 3 representam cada uma das etapas listadas.

Tabela 1. Primeira etapa: lista de lugares (condições) e transições (ações) do exemplo da lâmpada.

Lista de condições	Lista de ações
P1: Lâmpada desligada.	T1: Ligar lâmpada.
P2: Lâmpada ligada.	T2: Desligar lâmpada

Tabela 2. Matriz de entrada

	P1	P2
T1	1	0
T2	0	1

Tabela 3. Matriz de saída

	P1	P2
T1	0	1
T2	1	0

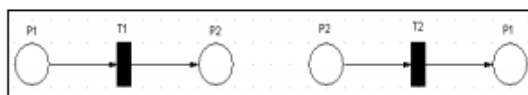


Figura 2. Terceira etapa: representação gráfica da RdP.

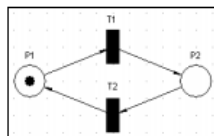


Figura 3. Quarta etapa: RdP final após união.

2.5. Design Instrucional

O *Design Instrucional* (DI) foi criado durante a segunda guerra mundial quando a força armada americana precisou rapidamente de uma forma de treinamento em massa para realizar tarefas complexas com conhecimento técnico de alto nível. Baseado na teoria de B. F. Skinner sobre condicionamento operante, as tarefas eram divididas em sub-tarefas e cada sub-tarefa eram separadas com um objetivo de aprendizado único. O Design instrucional também foi influenciado por B. Bloom onde o autor identificou os três domínios do aprendizado: cognitivo (o que o aluno pensa), psicomotor (o que faz fisicamente) e afetivo (o que o aluno sente perante a tarefa) (Merrill & Twitchell, 1994). Atualmente o Design Instrucional possui diversas vertentes: ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*), Prototipagem Rápida, Dick and Carey, IDLS e outros (Jonassen *et al.*, 1999).

2.5.1. Modelo ADDIE

O Modelo ADDIE incorpora as teorias herdadas do DI com o objetivo de sistematizar as etapas baseado nos dados de entrada, saída e o processo que ocorrem durante o aprendizado (Jonassen *et al.*, 1999). O nome ADDIE é um acrônimo do inglês referente ao processo da teoria dos sistemas de design instrucionais: *Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*, conforme ilustrado na Fig.4. A principal característica do modelo é sua sistematização. Cada etapa depende dos dados precedentes para gerar resultados que serão usados na etapa sucessiva e, em caso de falhas no objetivo definido há uma retroalimentação de dados para permitir ações corretivas e assim melhorar o processo. Cada etapa tem um objetivo único:

- *Analysis*: entender os estudantes num aspecto geral como o nível de conhecimento sobre o assunto, suas expectativas sobre o ensino, quais suas motivações para o aprendizado e quais as dificuldades para o aprendizado (acesso a ferramentas, falta de tempo, etc.). Para o desenvolvimento da análise deve se responder as seguintes perguntas:
 - quais os objetivos para esta lição?
 - quais as características relevantes dos alunos em relação ao conteúdo de ensino?
- *Design*: esta etapa caracteriza-se por desenvolver os objetivos do ensino baseado nas necessidades dos alunos obtidas na fase de Análise. Esta etapa deve identificar o que o aluno será capaz de realizar no final do curso aplicado. Ela também desenvolve as saídas do processo de ensino, usando formas corretas de avaliações e aplicações do conhecimento adquirido pelos alunos. O *design* cria ferramentas que oferece ao aluno escolhas de formas de aprendizado, ligações diretas com os objetivos previamente determinados e permite aplicações concretas das habilidades adquiridas pelos alunos com o conteúdo apresentado. Para o desenvolvimento do *design*, devem-se responder as seguintes perguntas:
 - o que os estudantes devem ser capazes de fazer ao final do curso?
 - como é feita a avaliação do conhecimento adquirido pelos estudantes?
 - quais as ferramentas de avaliação serão usadas?
- *Development*: de acordo com os dados obtidos nas fases anteriores, esta etapa inicia o desenvolvimento das ferramentas de trabalho como o material de apoio, tipos de trabalhos que serão desenvolvidos em sala de aula e uso da tecnologia que será utilizada para auxílio no aprendizado. Como todo processo, o tempo de realização também é determinado para identificar gargalos e, caso seja necessário, fazer uma retroalimentação no processo antes de implantar o ensino a prática. Para o desenvolvimento das atividades, devem-se responder as seguintes perguntas:
 - Qual estratégia instrucional será usada?
 - Quais as restrições de tempo e material devem ser aplicadas?
- *Implementation*: nesta etapa inicia-se a implantação do modelo. Ela aplica todo planejamento feito pelas etapas anteriores com os fatores limitantes do desenvolvimento como o tempo de ensino e as ferramentas escolhidas. A etapa de implementação é a aula em que o processo gera resultados como conhecimento, discussões e considerações entre aluno e professor.
- *Evaluation*: para a avaliação do modelo aplicado é necessário a realização de medidas corretivas e manter uma melhoria contínua do serviço oferecido. Esta avaliação deve ser feita pelos próprios alunos assim como adquirida pela avaliação dos resultados obtidos em exames e testes aplicados. Devem-se destacar as reações dos alunos

perante o ensino e o grau de conhecimento adquirido em sala de aula. Para o desenvolvimento da avaliação, é fundamental responder as seguintes perguntas:

- qual o grau de satisfação dos alunos?
- quais as medidas corretivas que devem ser tomadas para manter a melhoria contínua do ensino?
- quais as medidas preventivas para evitar erros não previstos no processo?



Figura 4. Etapas do modelo ADDIE com retroalimentação de dados.

3. COLETA DE DADOS

Para a preparação do material para o ensino das técnicas de projeto de SMs aplicado a estação de distribuição, seguiu-se as etapas sequenciais do modelo ADDIE.

3.1. Analysis

A etapa de análise consiste em estudar o perfil do aluno e do ambiente que envolve os fatores para o ensino presencial. Inicialmente, foi determinado as variáveis que compõe as necessidades e objetivos do público alvo. Estas variáveis são:

- nível de fundamentação teórica necessária para a compreensão do objeto em estudo;
- recursos materiais e humanos disponíveis para o design do material de apoio.;
- interesse do aluno ao conteúdo apresentado; e
- possibilidade de aplicação do conhecimento adquirido em situações reais.

Os dados foram obtidos por meio de um questionário qualitativo, determinando pesos de 1 a 5 às questões às questões apresentadas ao aluno.

Nesta etapa foi importante manter a imparcialidade e anonimato dos alunos visto que é necessário obter respostas reais, pois serão utilizadas como base para a elaboração do material de apoio e também auxiliará para a aula expositiva do professor.

3.2. Design

Baseado nas respostas obtidas na etapa de análise e as perguntas básicas desta etapa do modelo, o aluno será capaz de:

- entender os processos da estação de distribuição, desmembrando –o e explicando seu funcionamento;
- identificar os componentes mecânicos, eletrônicos, pneumáticos necessários para a execução do processo de distribuição;
- sistematizar as diferentes formas de comunicação entre o operador e as ferramentas como linguagens de programação e acionamento manual;
- aplicar o método de RdP na estação de distribuição em cada etapa do processo.; e
- aplicar o conhecimento sobre RdP em outros processos.

A avaliação aplicada ao aluno foi baseado na Taxonomia de Benjamin Bloom (Bloom & Rivas, 1973), que consiste em avaliar o aluno em diferentes níveis de conhecimento recorrendo as fundamentações teóricas dominadas pelo aluno e aplicadas ao conhecimento adquirido em sala. A avaliação do aluno sobre o curso é feito por meio de um questionário anônimo baseado em perguntas quantitativas e qualitativas sobre o conhecimento adquirido, as ferramentas utilizadas e a compreensão sobre o conteúdo apresentado pelo professor. A avaliação é feita em duas etapas:

- avaliação do conteúdo assimilado
- avaliação do aluno sobre o ensino apresentado.

3.3. Development

No desenvolvimento do material e da aula expositiva foi necessário responder as perguntas básicas como assinaladas pelo modelo, assim:

- a tecnologia utilizada é:
 - apresentações em retroprojetores;
 - uso de softwares de simulação de redes de petri e diagrama de processos; e
 - uso de vídeos
- o material utilizado é:

- o computador e caderno para acompanhamento das atividades e anotações da teoria apresentada.

Na etapa de análise foi estudado o tempo disponível que cada aluno disponibiliza para o aprendizado. Baseado nesses dados foi possível desenhar um diagrama para determinar as etapas do ensino e verificar a existência de gargalos na apresentação como dificuldades de aprendizado ou problemas no uso das ferramentas escolhidas (entendimento do uso dos aplicativos, diagramas, etc.).

3.4. Implementation

O material e a aula expositiva são usados de forma interativa entre o professor e alunos. De acordo com o curso Teaching College-Level Science and Engineering do Dr. Sanjoy Mahajan (MIT, 2009): “o aluno deve estar envolvido em três níveis de interatividade: relação individual aluno/aluno, relação alunos/professor e alunos/alunos (discussão)”. Baseado no material de apoio e apresentações em sala de aula, foi determinado os meios de relação:

- relação aluno/aluno sobre o processo da estação de distribuição: O aluno determina as etapas do processo e discute com um colega individualmente sobre suas decisões baseadas no processo apresentado;
- discussão alunos/alunos por meio de votação para identificar qual processo apresentado em sala é o correto; e
- relação alunos/professor identificando erros e acertos sobre os processos apresentados pelos alunos e professor.

Esses meios também foram utilizados para o ensino da teoria e aplicação de RdP nos processos identificados anteriormente.

3.5. Evaluation

Para a avaliação do modelo de ensino apresentado, foi implantado: avaliação do aluno referente ao curso oferecido e avaliação do conhecimento adquirido pelo mesmo. Para avaliar o curso aplica-se um questionário qualitativo e quantitativo que permite ao professor reavaliar as etapas do processo de ensino e retroalimentar o modelo com novas variáveis e assim mantém a melhoria contínua do curso apresentado.

Os resultados apresentados na avaliação demonstram os níveis de aprendizado do aluno, permitindo também o uso dessa avaliação como retroalimentação no processo de ensino.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação do método ao o ensino aplicado a estação de distribuição, foi seguida as etapas sequenciais do modelo ADDIE:

4.1. Analysis

Nesta etapa é importante manter a imparcialidade e anonimato dos alunos visto que é necessário obter respostas reais, pois serão utilizadas como base para a elaboração do material de apoio e também auxiliará para a aula expositiva do professor.

Para atingir resultados consistentes nesta etapa de fundamentação teórica foi definido restrições no preenchimento do questionário:

- alunos que cursam a disciplina manufatura auxiliada por computador;
- alunos com o pré-requisito atendido mesmo que não cursam a matéria; e
- alunos formados em engenharia de produção com o interesse em aprofundar seus conhecimentos sobre o uso das redes de Petri e automação de manufatura.

De acordo com os resultados obtidos foi possível determinar os pontos críticos na fundamentação teórica necessária para o estudo aplicado. Os gráficos ilustrados na Fig. 5 ilustram esses pontos.

De acordo com os dados apresentados é possível identificar as dificuldades do aluno em relação ao conhecimento necessário para a compreensão do conteúdo do ensino em estudo. Logo, é necessário focar nos seguintes tópicos anteriormente à aplicação das Redes de Petri na estação de distribuição:

- noções gerais sobre sistemas modulares de produção;
- noções sobre manufatura flexível;
- noções gerais sobre manufatura automatizada; e
- noções gerais sobre programação.

A análise dos recursos disponíveis para o ensino sistematiza também o uso dos materiais disponíveis assim como a necessidade de aplicação do conhecimento adquirido numa situação prática. Foi definido os seguintes recursos materiais para auxílio no ensino: projetor, software de simulação e edição de RdP HPSim, apresentação em slides, internet para pesquisa e troca de conhecimento entre professor e alunos e uma estação de distribuição MPS.

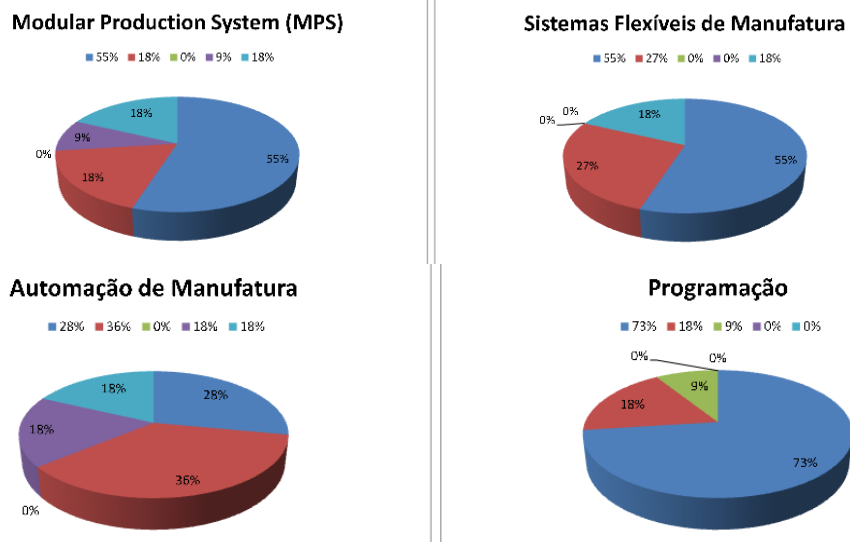


Figura 5. Gráficos de resultados da pesquisa realizada por meio do questionários.

4.2. Design

Baseado nas respostas obtidas na etapa de análise e as perguntas básicas desta etapa do modelo, o aluno é capaz de:

- entender os processos da estação de distribuição, desmembrando-o e explicando seu funcionamento;
- identificar os componentes mecânicos, eletrônicos e pneumáticos necessários para a execução do processo de distribuição;
- sistematizar as diferentes formas de comunicação entre o operador e as ferramentas como linguagens de programação e acionamento manual;
- aplicar o método de redes de Petri na estação de distribuição em cada etapa do processo; e
- aplicar o conhecimento sobre redes de Petri em outros processos.

4.3. Development

No desenvolvimento do material e da aula expositiva foi necessário responder as perguntas básicas como assinaladas pelo modelo, logo:

- a tecnologia utilizada é:
 - apresentações em retroprojetores;
 - uso de softwares de simulação de RdP e diagrama de processos; e
 - uso de vídeos.
- o material utilizado é:
 - computador e caderno para acompanhamento das atividades e anotações da teoria apresentada.

Na etapa de análise foi estudado o tempo disponível que cada aluno disponibiliza para o aprendizado. Baseado nesses dados foi possível desenhar um diagrama para determinar as etapas do ensino e verificar a existência de gargalos na apresentação como dificuldades de aprendizado ou problemas no uso das ferramentas escolhidas (entendimento do uso dos aplicativos, diagramas, etc.).

As etapas do método permitiram criar uma estrutura de ensino, seqüencial, com material e aula expositiva, permitindo o aluno entender claramente e sistematicamente o uso num caso aplicado:

A estrutura seqüencial com retroalimentação de informações é ilustrada na Fig.6:

- (i) revisão literária baseado no conhecimento prévio dos alunos (dados coletados na etapa de análise);
- (ii) apresentação da estação de distribuição e desmembramento do processo da estação de distribuição por meio de diagramas de processo;
- (iii) visualização do processo de distribuição por meio de vídeos e, posteriormente, visualização direta na estação de trabalho em visita ao laboratório (uso das tecnologias pré-determinadas na etapa de *design*);
- (iv) apresentação de diagrama de processos aplicados na estação de distribuição realizado pelos alunos para manter a interatividade aluno/aluno, alunos/alunos e alunos/professor;
- (v) aula expositiva sobre RdP aplicadas ao processo;
- (vi) desenho pelos alunos da RdP aplicada a estação de distribuição como forma de visualização do processo;
- (vii) avaliação do conhecimento dos alunos baseado na taxonomia de B. Bloom citada acima;
- (viii) avaliação dos alunos sobre o conteúdo assimilado; e
- (ix) retroalimentação das etapas para melhoria contínua do curso.



Figura 6. Esquema sequencial do processo de ensino de Redes de Petri aplicados numa estação de distribuição.

As etapas sequenciais da estação são representadas nas Figuras 7 e 8 por meio de imagens e ilustrações criadas de acordo com o modelo proposto.

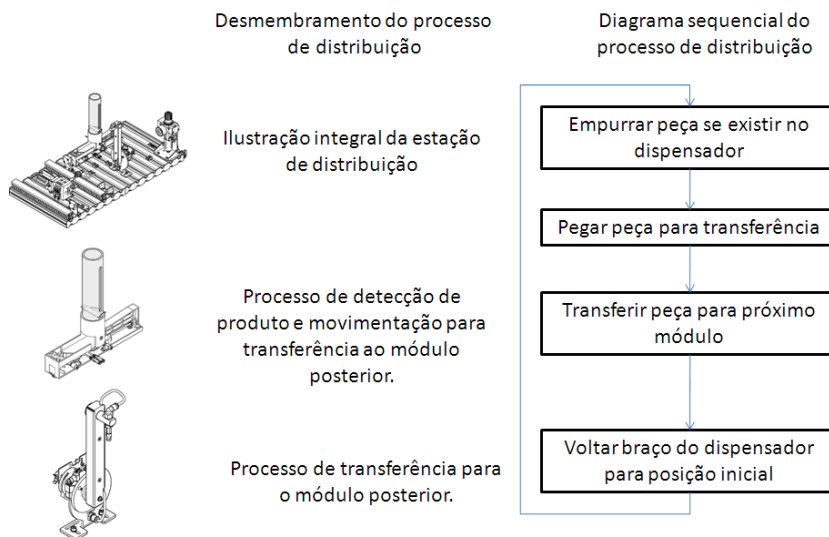


Figura 7. Ilustração usada para visualizar as etapas no processo e desenhar o diagrama sequencial.

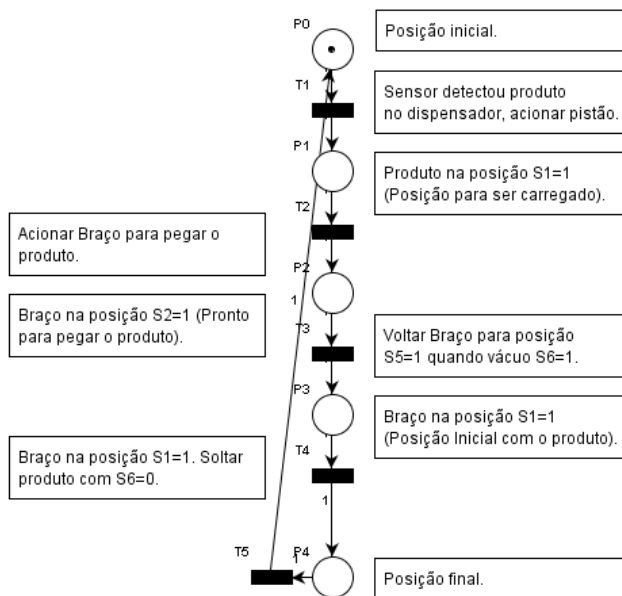


Figura 8. Representação do diagrama sequencial na RdP baseada em sensores com retroalimentação.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um método de ensino baseado numa aplicação, e seus resultados, de cada etapa presente no modelo ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) para o ensino de técnicas de projeto de sistemas de manufatura (SMs) em disciplinas do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) localizada em Ilhéus, BA. Um exemplo de aplicação numa bancada didática denominada estação de distribuição da linha MPS (*Modular Production System*) é apresentado para demonstrar as vantagens do método proposto.

Baseado nos resultados apresentados, a aplicação do modelo ADDIE mostrou ser uma eficiente ferramenta de auxílio para o ensino na engenharia. As etapas apresentadas se relacionam sistematicamente, permitindo a melhoria contínua do ensino baseado no conhecimento adquirido pelo aluno e aquele transmitido pelo professor. O uso das tecnologias apresentadas auxiliam no interesse do aluno, na otimização do tempo e na interatividade aluno/professor e alunos/alunos.

Para avaliar o aluno, a taxonomia de B. Bloom permite ao professor identificar os níveis de aprendizado do aluno e modificar os elementos envolvidos para aumentar o nível de ensino e, conseqüentemente, de conhecimento adquirido pelos alunos. No exemplo demonstrou-se ser possível mapear o processo de criação referente às etapas. O mapeamento permite ao professor identificar mais facilmente os problemas existentes no âmbito pedagógico e de recursos materiais e humanos permitindo uma retroalimentação no processo e melhorando o curso apresentado. A relação aluno/aluno, alunos/professor e alunos/alunos garante o fluxo de informação e colabora com o bom desempenho do ensino. A principal vantagem é a relação teoria/prática que existe fazendo o uso das tecnologias disponíveis assim como a sistematização das etapas de criação. Esse método permite ao professor da área de ministrar cursos de forma rápida sem a necessidade de aprofundar em teorias pedagógicas podendo ser expandido para outros temas importante para a engenharia de produção.

A técnica de redes de Petri é utilizada para estruturar o desenvolvimento dos modelos dos componentes e a dinâmica dos SMs. Tais procedimentos mostraram-se muito eficientes, uma vez que os modelos podem ser simulados tornando-se flexíveis em relação a correções de rumo para atendimento aos pré-requisitos de projeto. Assim, com o advento de novas ferramentas tecnológicas e métodos de correção de falhas, este sistema gráfico visual permite cada melhorar confiabilidade, flexibilidade e integração de SMS, além de incluir novas ferramentas que permitem diminuir cada vez mais o tempo gasto na configuração e implementação do modelo às necessidades reais de cada instalação.

6. REFERÊNCIAS

- Bloom, B.S. and Rivas, M.P., 1973. 'Taxonomia de los objetivos de la educacion: la clasificación de las metas educacionales'. El Ateneo.
- Bonet, P., Lladó, C., Puijaner, R. and Knottenbelt, W., 2007. "PIPE v2.5: A Petri net tool for performance modeling". In: *Proc. of CLEI 23rd Latin American Conference on Informatics*.
- Cardoso, J., Valette, R., 1997, "Redes de Petri". E-book. Disponível em <http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~maziero/lib/exe/fetch.php/software:redes-de-petri-cardoso-valette.pdf>
- David, R., Alla, H., 1994, "Petri nets for modeling of dynamic systems – a survey". *Automatica*, vol.30, n.2, pp.175—201.
- Festo-MPS, 2012, disponível em <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/>.
- Jonassen, D.H. and Tessmer, M. and Hannum, W.H., 1999. "Task analysis methods for instructional design". Lawrence Erlbaum Associates.
- Junqueira, F., 2006, "Modelagem e Simulação Distribuída de Sistemas Produtivos". Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Leitão P., 2009. "Agent-Based Distributed Manufacturing Control: A State-of-the-art Survey". *Eng. Appl. of Artificial Intel.*, 22, 7: 979–991.
- Merrill, M.D. and Twitchell, D., 1994. "Instructional design theory". Educational Technology Pubns.
- MIT, 2009. "MIT Open Course Ware". Disponível em: <http://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-95j-teaching-college-level-science-and-engineering-spring-2009/>
- Miyagi, P. E., 1996, "Controle programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos". São Paulo: Editora Edgard Blucher. 194p.
- Reisig, W., 1985, "Petri Nets an Introduction". Springer Verlag, New York.
- Silva, R.M., Miyagi, P.E. and Santos Filho, D.J., 2011. "Design of active holonic fault-tolerant control systems". *Springer IFIP Advances in Information and Communication Technology* 349: 367-374.
- Silva, R.M., Arakaki, J., Junqueira, F., SantosFilho, D.J. and Miyagi, P.E., 2012. A procedure for modeling of holonic control systems for intelligent building (HCS-IB). *AdvancedMaterials Research* 383: 2318-2326.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído nesse artigo.

ADDIE MODEL APPLICATION ON TEACHING TECHNIQUES OF MANUFACTURING SYSTEMS PROJECT

João Thiago de Guimarães Anchieta e Araújo Campos¹, joathiogocampos@hotmail.com
Robson Marinho da Silva¹, rmsilva@uesc.br

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, Rod. Ilhéus-Itabuna Km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, BA – Brasil.

Abstract: *The relationship of theory and practice in engineer graduating courses are relatively difficult because it depends of many factors as tools costs, technical visits at industry and laboratories. Then, it is necessary to use alternative teaching methods that allow students to apply the knowledge acquired in class. On this context, the use of ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) model is an alternative model which helps on efficiency growth of learning. This research has focused on the understanding and use of each step existing on ADDIE model applied to the teaching of integrated manufacturing system. It uses the Petri nets technique and a didactical MPS (modular Production System). First, it was determined the variables that are necessary for students objectives: fundamentals theory level, material and human resources, student interest and the use of knowledge in a real context. The data is obtained by a qualitative survey looking for the required knowledge, the choice of materials and human resources and the elaboration of course plan involving the three level of interactivity in class. By this way it was created a sequential structure that optimize the student learning as: review, presentation and understanding the distribution station process, visualization of the process, creation of process diagram by students and the speech on class. The steps presented at this model are related systematically where is possible to improve continuously the teaching based on the knowledge acquired by students and those from the teacher. It was possible to map the process of creation referring to the steps, helping teacher to identify easily the existing problems on the pedagogical and resources (materials and humans) manner, to finally improve the teaching by reinserting data on the process. Then, the use of this model increases the quality of teaching to get better professionals in engineering area.*

Keywords: *teaching method, productive system, ADDIE, Petri net.*