

GESTÃO DO CONHECIMENTO APLICADA NA CONSTRUÇÃO DE PLANTA PILOTO PARA CONTROLE DE PROCESSOS.

**José Lamartine de Andrade LIMA NETO(1); Claudio Reynaldo Barbosa de SOUZA (2);
Núbia Moura RIBEIRO (3)**

- (1) Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA lamartine@ifba.edu.br
(2) Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA creynaldo@ifba.edu.br
(3) Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA nubia@ifba.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação do modelo de SECI de Gestão do Conhecimento no processo de construção de uma Planta Piloto didática para controle de variáveis industriais como pressão, vazão e nível. Mostra a sequência das ações envolvidas neste processo construtivo, ações tais como: montagem de equipamentos e instrumentos, estudo do controle PID e sua sintonia, dentre outras. Com a participação direta dos alunos do quarto ano do curso de Automação e Controle Industrial do Instituto Federal da Bahia no ano de 2009, realizou-se a montagem durante quatro meses de atividades. Com a sistematização de seminários periódicos e as constantes interações entre alunos entre si e com os professores, foi possível visualizar a conversão do conhecimento conforme proposto na espiral do conhecimento do modelo SECI.

PALAVRAS-CHAVE: Planta Piloto, Gestão do Conhecimento, Malhas de controle, Controle PID.

1. INTRODUÇÃO

No século XVIII houve a substituição da principal fonte de energia (animal) por outra com capacidade de realização de trabalho muito maior, as máquinas à vapor, que constituem um marco da Revolução industrial. James Watt, em 1769, deu um dos primeiros passos na automatização do processo com a invenção do regulador centrífugo de velocidade, que permitia o funcionamento de máquinas motrizes sem interferência humana. O intuito consistia em promover o controle e ação corretiva, automatizando assim o processo.

Durante a vigência da sociedade industrial (1750-1950) os homens tornaram-se escravos da máquina e do tempo ditado por ela. Passando da referência as estações do ano, às quais estava acostumada nos dez mil anos de duração do trabalho agrícola, a humanidade vê surgir a indústria. Passados cerca de 200 anos, estrutura-se outro modo de organização social, a sociedade pós-industrial. Nesta era pós-industrial, nasce um novo mundo. O esforço físico agora é realizado pela máquina, o mental pelos computadores, cabendo ao homem a insubstituível tarefa de exercer a criatividade, ter ideias.

No século XX, tornou-se possível implementar o controle de processos com o surgimento de controladores, atuadores inteligentes, robôs e os protocolos de comunicação de rede, que possibilitaram integrar todos esses dispositivos. A utilização integrada de todos estes componentes mostrou-se muito satisfatória.

Atualmente a área de controle automático é vasta e seus principais usos estão nos setores comerciais, domésticos e industriais. As principais vantagens estão relacionadas com a qualidade e com a quantidade dos produtos, fabricados com segurança e sem subprodutos nocivos.

Segundo Ribeiro (2003) o controle automático

“possibilita a existência de processos extremamente complexos, impossíveis de existirem apenas com o controle manual. Um processo industrial típico envolve centenas e até milhares de sensores e de elementos finais de controle que devem ser operados e coordenados continuamente.” (RIBEIRO 2003, p. 01)

Tornou-se essencial a atuação de profissionais especializados tanto na manutenção quanto na supervisão, planejamento e controle dessa tecnologia que é a base para o funcionamento otimizado dos processos industriais.

O desenvolvimento tecnológico, os serviços e a criatividade deram o tom característico do crescimento econômico baseado no capital físico, mas pouco a pouco esta característica foi perdendo lugar para a dinâmica atual, marcada pelo capital humano, ou seja, pelo conjunto de capacitações que são adquiridas através da educação, treinamento e da própria experiência de seu trabalho e sua vida, além das competências adquiridas do ponto de vista profissional. A teoria do Capital Humano foi desenvolvida na década de 60 pelos economistas Theodore Schultz e Gary Becker. Essa teoria afirma que o progresso de um país é alavancado pelo investimento em pessoas. Mais tarde estes economistas receberiam o prêmio Nobel.

Atualmente encontramos-nos num dado momento histórico denominado Sociedade do Conhecimento. Este é o nome dado a uma nova forma de organização social baseada no capital humano ou intelectual. Nessa sociedade, em que as idéias passam a ter grande importância, surgem em várias partes do mundo, grupos ou centros de estudo para a discussão de idéias, em que o pensar é o grande diferencial. Temos aí o grande desafio e oportunidade para a escola/educação: fazer os alunos pensarem de modo autônomo, agindo como protagonistas do processo de construção do conhecimento. A este propósito, pode-se questionar: o que é o pensar? Uma boa definição é encontrada no livro “El café de los filosofos muertos” de Nora K. e Vittorio Hösle.

Pensar é aprender a ser livre, responsável e honrado. Pensar é esforço e inconformismo, para com o mundo e também para consigo mesmo. Pensar é duvidar e criticar, não de forma altaneira ou presunçosa, senão por desejo do bem comum. Pensar é ter o tempo de poder fazê-lo. Pensar não é repetir ou reproduzir. Pensar é ativar o que de nobre há no ser humano, porque pensar e também sentir e intuir. A frase de Descartes não é de todo certa: não se trata de "penso, logo existo", mas penso, logo vivo. Viver é encontrar seu próprio caminho e evitar permanentemente a tentação do fácil. O fácil é não pensar (K. & HÖSLE, 1998, p. 9).

Na Sociedade do Conhecimento a escola se transforma numa grande central de idéias. No ensino prevalece a interação, superando a simples instrução. A educação passa a ser vista como um serviço, uma atividade na qual participam muitos fatores e atores/autores, de forma nem sempre consciente, mas sempre importantes e determinantes na construção do conhecimento.

O conhecimento, para tornar-se parte da base do saber de cada pessoa, deve ser articulado para depois ser internalizado, como se fosse uma espiral. Segundo Nonaka e Takeuchi (1997, p. 79), para se tornar uma instituição/organização que “gera conhecimento” deve-se completar uma “espiral do conhecimento”, que se movimenta em quatro etapas: de conhecimento tácito para tácito, de explícito a explícito, de tácito a explícito, e por fim de explícito a tácito. A espiral continua seu movimento, porém em patamares cada vez mais elevados, ampliando sua aplicação abordando outras áreas, conforme Figura 01.



Figura 01. A espiral do conhecimento. Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997, p. 80)

A etapa de transformação de conhecimento tácito em conhecimento tácito é chamada de **SOCIALIZAÇÃO**, considerado um

processo de compartilhamento de experiências e, a partir daí, da criação do conhecimento tácito, como modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas (NONAKA & TAKEUCHI, 1997, p. 69).

Na EXTERNALIZAÇÃO ocorre a transformação de conhecimento tácito em outro conhecimento explícito, ou seja,

um processo de articulação do conhecimento tácito em conceitos explícitos(...). Como podemos converter o conhecimento tácito em conhecimento explícito de forma eficiente e eficaz? A resposta está no uso sequencial da metáfora, analogia e modelo (NONAKA & TAKEUCHI, 1997, p. 71 e 73).

Quando o conhecimento explícito é transformado em outro conhecimento explícito recebe o nome de COMBINAÇÃO. Neste processo,

os indivíduos trocam e combinam conhecimentos através de meios como documentos, reuniões, conversas ao telefone ou redes de comunicação computadorizadas(...). A criação do conhecimento realizada através da educação e do treinamento formal nas escolas normalmente assume essa forma (NONAKA & TAKEUCHI, 1997, p. 75 e 76).

Por fim ocorre a INTERNALIZAÇÃO, a transformação do conhecimento explícito em conhecimento tácito, ou seja,

para que o conhecimento explícito se torne tácito é necessária a verbalização e diagramação do conhecimento sob a forma de documentos, manuais ou histórias reais. A documentação ajuda os indivíduos a internalizarem suas experiências, aumentando assim o seu conhecimento tácito. Além disso, documentos ou manuais facilitam a transferência do conhecimento explícito para outras pessoas, ajudando-as a vivenciar indiretamente as experiências dos outros (ou seja, reexperimentá-las) (NONAKA & TAKEUCHI, 1997, p. 78).

Com o intuito de formar profissionais competentes, o curso de Automação e Controle Industrial do Instituto Federal da Bahia dispõe de diversos laboratórios propiciando ao conhecimento tácito e ao explícito um relacionamento efetivo para progressivamente poder ampliar sua aplicação.

Na disciplina Controle II ocorre o estudo de diversos temas, tais como Controladores PID, parâmetros fixos, sintonia de controle, malhas avançadas, dentre outros. Como recurso facilitador de aprendizagem utilizam-se Plantas Piloto Didáticas, ou seja, processos que apresentam comportamentos similares ao de processos industriais reais.

O uso de uma Planta Piloto didática é de fundamental importância na materialização da espiral do conhecimento, permitindo a interação entre conhecimento internalizado e prática, ou seja, tácito e explícito, indispensável para a área de Controle Industrial.

2. METODOLOGIA

O trabalho de construção da Planta Piloto foi desenvolvido com aos alunos do 4o. ano do curso de Automação e Controle Industrial do Instituto Federal da Bahia. Esta atividade ocorreu durante o ano de 2009.

Foi necessário o planejamento das atividades em etapas: sensibilização, planejamento trabalho, aquisição de material, construção da base para fixação dos diversos equipamentos e instrumentos, montagem dos diversos equipamentos e instrumentos, montagem da instrumentação, programação e instalação do PLC e do intertravamento, documentação e registro e, tudo permeado por diversos seminários internos.

Com a construção da Planta Didática potencializou muito o processo de aprendizagem, permitindo fazer:

1. Desenho esquemático com identificação dos componentes do sistema e como estão interligados;
2. Diagramas de blocos mostrando os circuitos utilizados;
3. Estudos de manuais técnicos (controladores, transmissores, transdutores, válvulas de controle, etc.);
4. Operação do sistema em malha aberta, no manual e no automático.
5. Coleta dados para modelagem e validação do modelo;
6. Verificação dos parâmetros escolhidos para o controle PID e configurá-los;
7. Testes em modo automático alterando o valor do set-point dos controladores, coletando e

comparando esses dados com o modelo.

Desta forma, conseguimos realizar diversos ciclos de aprendizagem, abrindo novas oportunidades de crescimento intelectual, continuamente.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1 A Planta Piloto PP-NVP

A construção da Planta Piloto PP-NVP concretizou-se com diversas etapas do modelo SECI. Nas reuniões e na prática cotidiana de construção o conhecimento tácito dos docentes e dos alunos era compartilhado configurando-se em práticas de Socialização. À medida que as atividades eram registradas e manuais e os protocolos de operação eram gerados, concretizavam-se as etapas de Externalização. Estes dados, reunidos a outros dados disponíveis em periódicos, livros, manuais ou outras informações disponíveis como conhecimento explícito, configurava a etapa de Combinação. Através da disponibilidade do material gerado pela equipe de construção da planta piloto e pelo acesso que outras pessoas tiveram a este material, tem-se a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito, configurando-se a etapa de Internalização, fechando-se um ciclo da espiral do conhecimento. Este trabalho, tal como preconiza Nonaka e Takeuchi, constituiu-se em uma verdadeira espiral durante toda a execução do projeto, sendo os alunos, atores e autores deste processo de construção do conhecimento.

Os equipamentos utilizados para a construção da Planta Piloto para controle de Nível, Vazão e Pressão (PP-NVP), conforme Figura 02, foram: Tanque inferior (TQ-01) com capacidade de 100 litros, Bomba (BB-01) com $\frac{1}{2}$ HP e um Vaso de Pressão (VS-01) com capacidade de 65 litros interligados por tubulações de aço galvanizadas com uma polegada de diâmetro. O TQ-01 possui uma válvula de dreno permitindo a limpeza periódica e o VS-01 tem conectado uma válvula de segurança calibrada para 2,0 Kgf/cm².

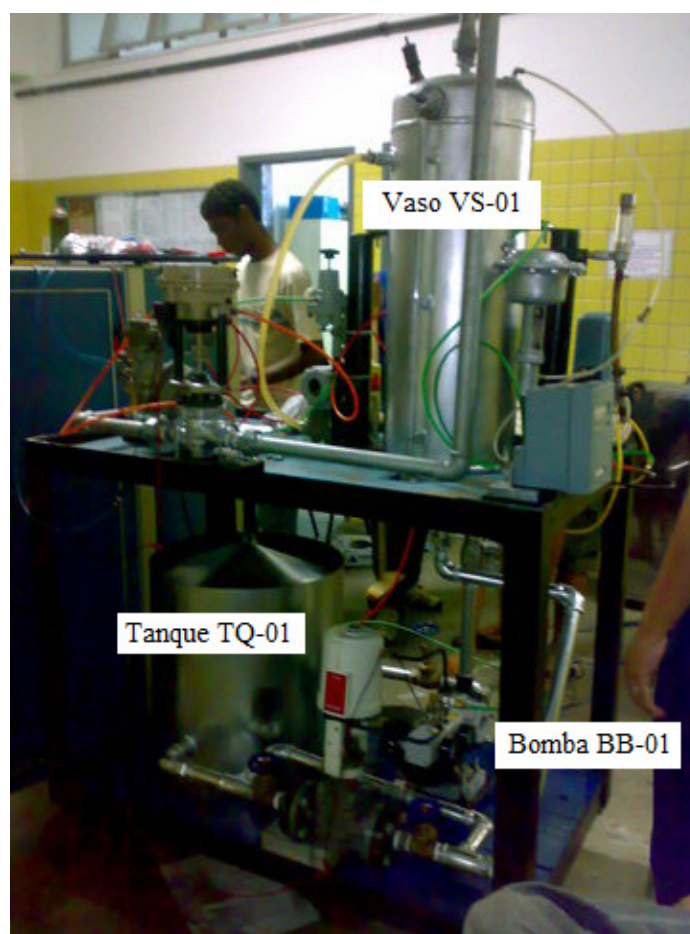


Figura 03. Vista geral da Planta Piloto PP-NVP em construção. Fonte: O autor.

3.2 As Malhas de Controle

As malhas de controle da Planta Piloto (Figura 02) foram implementadas e desenvolvidos procedimentos de identificação dos processos e sintonia dos controladores.

Malha de controle de pressão. Esta malha controla a pressão através da entrada de ar comprimido, vindo do compressor, através dos instrumentos: PT, PIC e PCV.

Malha para controle de vazão. Tem por finalidade efetuar o controle de vazão de entrada de água no vaso de pressão. Através de uma placa de orifício, é gerada um diferencial de pressão num trecho reto da tubulação, sendo este medido por um transmissor de pressão diferencial (FT) que interligado ao controlador de vazão (FIC), atua na válvula de controle (FCV).

Malha para controle de nível. O objetivo dessa malha é efetuar o controle de nível no vaso de pressão através da vazão de saída deste equipamento (FT e FIC). Por meio da medição de nível efetuada por uma célula de pressão diferencial (LT), torna-se possível medir a coluna líquida dentro do vaso. A atuação do controlador (LIC) na válvula de controle (FCV) fecha a malha de controle.

A figura 03 ilustra malhas de controle no vaso VS-01 do tipo *feed back* (FB) para controle de Pressão e do tipo *Cascata* para controle de nível usando a vazão de entrada.

Considerando que as malhas de controle usam controladores do tipo Proporcional, Integral e Derivativo, Lotufo afirma que:

Tendo em vista que a maioria dos controladores é ajustada no local de uso, têm sido propostos na literatura muitos tipos diferentes de regras de sintonia. A utilização destas regras de sintonia tem tornado possível o ajuste suave e preciso dos controladores PID no local de uso. Além disso, têm sido desenvolvidos métodos visando a sintonia automática e alguns controladores PID podem ser dotados de capacidade de sintonia automática, em operação (LOTUFO, 2008, p. 154).

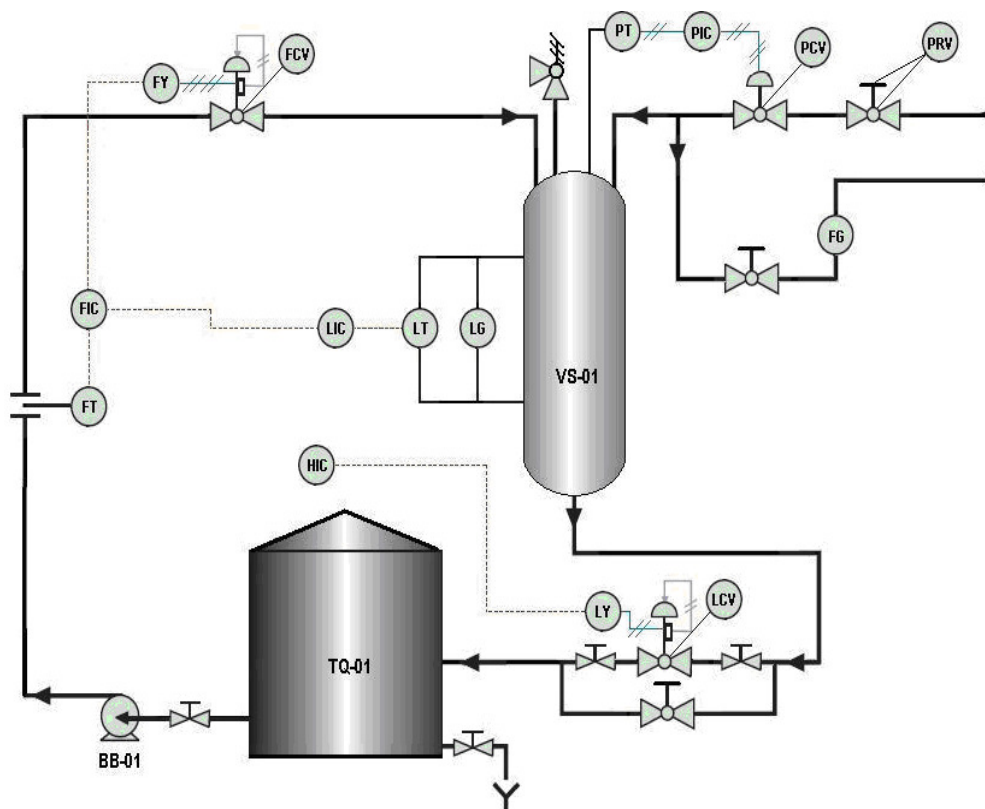


Figura 02. Planta Piloto com diversas malhas de controle. Fonte: o autor.

Existem quatro tipos de controladores: Proporcional (P), Integral (I), Proporcional+Integral (PI), Proporcional+Derivativo (PD) e Proporcional+Integral+Derivativo (PID), com estruturas simples e eficientes para aplicações em uma vasta classe de processos industriais.

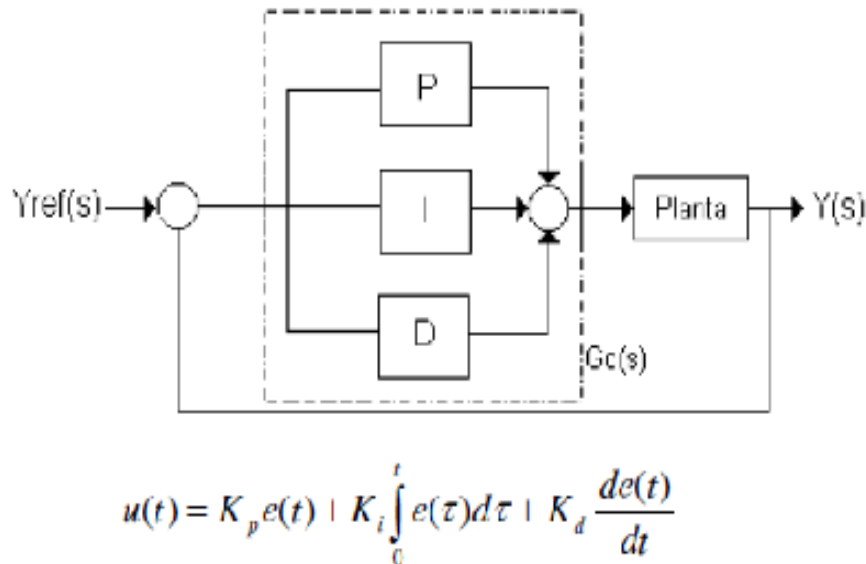


Figura 04. Controlador PID ideal e sua equação. Fonte: LOTUFO, 2008, p. 154

A respeito do Controlador PID ideal, e sua equação demonstrada na Figura 04, Lutofo (2008) nos orienta que:

O termo integral tem a característica de fornecer uma saída não nula após o sinal de erro ter sido zerado. Este comportamento é consequência do fato de que a saída depende dos valores passados do erro. O termo derivativo tem o papel de aumentar o amortecimento e, em geral, melhorar a estabilidade de um sistema (LOTUFO, 2008, p. 154-155).

Logo, a combinação dos termos proporcional, integral e derivativo, é utilizada para se obter uma resposta aceitável nas malhas de controle, apresentando características adequadas de estabilidade e amortecimento, implicando assim na diminuição de erro.

3.3 Intertravamento

Para a garantia da segurança em instalações industriais, são utilizados dispositivos de automação denominados intertravamento. Vários podem ser os elementos/instrumentos utilizado para este fim, tal como pressostatos, termostatos, chaves de posição, de nível, etc. sendo todos calibrados de acordo com seus fins e aplicações.

Na Planta Piloto foi utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP) fabricado pela SIEMENS modelo *LOGO! 230R*, como visto na figura 05, onde os dispositivos de proteção foram conectados.



Figura 05. PLC SIEMENS LOGO! 230R. Fonte: O autor

A programação do CLP foi feita através do programa *LOGO!Soft Comfort* adquirido gratuitamente a partir do endereço de internet do fabricante, conforme figura 06.

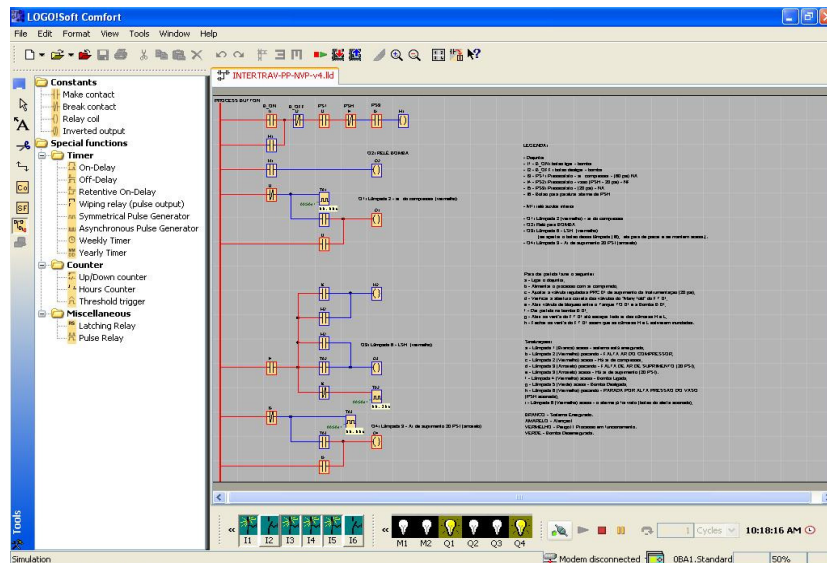


Figura 06. LOGO!Soft Comfort (em simulação do diagrama na linguagem Ladder). Fonte: O autor

Para proteção do vaso VS-01 contra pressões elevadas, foi instalado um pressostato, calibrado para 15 PSI. Um segundo pressostato foi instalado na alimentação geral de ar comprimido, (calibrado em 60 PSI) garante que a PP-NVP só possa ser utilizada se existir pressão de suprimento. Um terceiro pressostato foi calibrado para 20 PSI, garantindo o pleno funcionamento dos instrumentos pneumáticos.

4. CONCLUSÕES

A construção da Planta Piloto transformou-se em uma prática de aplicação do modelo SECI, demonstrando que é possível agregar valor ao aprendizado. A articulação de conhecimento tácitos e explícitos, na constante conversão de conhecimento criou a base para que os objetivos fossem alcançados e o cronograma, obedecido. A etapa de **SOCIALIZAÇÃO** concretizou-se a medida que os alunos interagiam com especialistas, trabalhando lado-a-lado, aprendendo pela observação e pelo contato direto com estes profissionais, convertendo assim o conhecimento tácito dos especialistas em seus próprios conhecimentos tácitos. À medida que estes alunos elaboravam protocolos e registravam as etapas do processo de construção da planta, dava-se a etapa de **EXTERNALIZAÇÃO**, convertendo conhecimento tácito em conhecimento explícito. Ao reunir as informações já sistematizadas com outras, de manuais de instrumentos, para dar forma a novos conteúdos e protocolos de uso da planta piloto, os alunos realizaram a etapa de **COMBINAÇÃO**. Por fim, ao apresentarem a novos alunos o processo de construção e a própria planta piloto construída, concretiza-se a etapa de **INTERNALIZAÇÃO**, fechando o ciclo de criação e difusão do conhecimento, preconizado no modelo SECI. Embora haja diversas críticas a este modelo, como mostra Goldman (2010), considera-se aqui que todo modelo é uma representação da realidade, uma simplificação que permite analisar e otimizar processos, no caso o processo de criação e compartilhamento de informações e conhecimento. A atividade constituiu-se uma forma de aproximar o aluno ao mundo do trabalho. A comprovação do modelo proposto por Nonaka e Takeuchi, mesmo sem a revelação para os alunos de como este processo se desenvolve, demonstra que a espiral da construção do conhecimento é um modelo aplicável inclusive a ambientes não empresariais, e quando os alunos assumem seus papéis como atores e autores deste processo, os resultados são surpreendentes.

A construção desta Planta Piloto tornou muito mais robusta as aulas de controle e medição de variáveis industriais, projetos e instrumentação, permitindo uma melhor adequação teoria/prática no desenvolvimento de habilidades e competências na formação de técnicos em automação e controle industrial e principalmente melhorando o processo educacional, tornando-o mais eficiente e eficaz.

REFERENCIAS

FERNANDES JUNIOR, Oswaldo. **Automação e Instrumentação Industrial**. By Pass & Associados. 2004. Disponível em <http://www.scribd.com/doc/23910187/Apostila01-Automacao-e-Instrumentacao-Industrial> Acessado em outubro de 2009

GOLDAMAN, Fernndo. Luzes sobre o conhecimento organizacional. **Custo Brasil**, n. 24, p. 13-20, dezembro/2009 – janeiro/2010.

K., Nora; HÖSLE, Vittorio. **El café de los filosofos muertos**. Madrid, 1998

LOTUFO, Francisco A., **Controlador PID** Disponível em http://www.feg.unesp.br/~falotufu/Disciplinas/Sel3023/Apostila/Capitulo8_09.pdf Acessado em 25 de outubro de 2008.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Criação de conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997. 13ª Reimpressão.

RIBEIRO, Marco Antônio, **Controle de Processos – Teoria e Aplicações**. 7a. Edição. Salvador. Tek Treinamento & Consultoria, 2003