MKSIM – UM SIMULADOR PARA TREINAMENTO EM MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS EM AMBIENTES INDUSTRIAIS

Marcílio A. F. Feitosa – marcilio@poli.br
Aldonso M. Oliveira Júnior – aldonsojr@gmail.com
Kenia C. Mendes – keniapoli@yahoo.com.br
Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455, Madalena
CEP 50.720-001 – Recife – Pernambuco

Gilberto D. S. Leite Filho – denis@mekatronik.com.br
Mekatronik Indústria e Comércio de Automação LTDA ME
Av. Acadêmico Hélio Ramos, 60, 1º andar, Várzea
CEP 50.740-540 – Recife – Pernambuco

Resumo: *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de ferramenta e metodologia de treinamento para técnicos/engenheiros responsáveis pela manutenção e operação das máquinas e equipamentos de uma indústria de transformação. Serão simuladas situações do dia-a-dia em um ambiente de sala de aula, acelerando o processo de formação intelectual e profissional destes alunos. Esta nova tecnologia simulará componentes, ambientes, máquinas e situações em conjunto com componentes reais como CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e painéis elétricos. No formato de um jogo, o aprendiz em treinamento busca informações sobre os parâmetros de funcionamento (e diagnóstico) da máquina objeto do estudo. O aprendiz se depara com situações distintas para o mesmo ambiente simulado, indo desde o funcionamento normal das máquinas até falhas complexas, necessitando de um diagnóstico elétrico e mecânico do equipamento, desenvolvendo no aluno a capacidade de analisar e diagnosticar falhas nas máquinas, o que tradicionalmente só ocorreria através de experiências reais. Dentro do jogo o aprendiz tem o potencial de interagir com elementos do cenário que podem impactar no funcionamento do equipamento e observar o efeito de suas ações no ambiente de treinamento. O aprendiz também pode interagir com equipamentos físicos em sua bancada de treinamento, que afetam o funcionamento da simulação, gerando assim o conceito cibernético da ação/efeito causada por alterações na programação dos CLPs, configurações dos painéis elétricos ou acionamentos físicos nas máquinas do ambiente simulado. Está sendo desenvolvida uma metodologia de treinamento e avaliação para estudar os efeitos desta plataforma multidisciplinar no âmbito dos conhecimentos transmitidos.*

Palavras-chave: *Ensino Técnico e de Engenharia, Simulação, Treinamento, Ambientes Virtuais, Diagnóstico e Avaliação.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, em especial o estado de Pernambuco, está passando por uma fase de crescimento econômico significativo que gera impactos positivos e negativos para os diversos setores da economia. Um dos impactos negativos é a escassez de profissionais qualificados para atender às demandas, principalmente em setores que envolvem o uso de novas tecnologias, levando alguns analistas a prever um colapso de mão de obra especializada em todo o Brasil, principalmente nas áreas ligadas a engenharia (LUCENA, 2007) (FALCÃO, 2011).

No setor de automação, que abrange máquinas e processos, a carência de profissionais especializados é gritante (LUCENA, 2007). Sem recursos humanos para desenvolver e manter os projetos de automação, as empresas têm ido buscar mão de obra fora do país, através de contratação direta ou terceirizada, o que torna a situação bastante desfavorável para o Brasil: os postos de trabalho passam a ser preenchidos por estrangeiros e, no caso das empresas de terceirização, há evasão de divisas, pois o dinheiro que deixa de circular na economia nacional passa a fortalecer outras economias.

Em meio a esta conjuntura, as universidades e escolas técnicas brasileiras formam continuamente profissionais buscando atender esta demanda crescente do mercado de trabalho (LUCENA, 2007) (IPEA, 2012). No entanto, ainda fazendo parte da criticidade do problema levantado, estes alunos recém-formados saem das instituições de ensino com várias deficiências, principalmente aquelas relativas à falta de conhecimentos práticos dos sistemas em operação nas fábricas e sua manutenção. Um dos motivos, entre tantos outros, é que a velocidade com que as tecnologias de automação mudam dentro das fábricas é muito maior do que a capacidade de renovação das metodologias empregadas pelas instituições de ensino na formação de seus alunos. As fábricas sofrem com a inexperiência dos novos profissionais, que levam certo tempo para adquirir, dentro da própria fábrica, competências que são exigidas pela profissão (LUCENA, 2007) (DOEPE, 2012).

A Mekatronik, empresa de perfil inovador e que atua no ramo da automação industrial, tendo em vista a conjuntura do problema exposto, propôs como solução a aceleração da formação de campo (experiência prática) dos recursos humanos através de uma plataforma simuladora para treinamento em controle e automação, quebrando o paradigma dos limites do treinamento convencional na forma e no tempo. Esta ferramenta está sendo desenvolvida dentro da Mekatronik com apoio do SEBRAE através do projeto de subvenção econômica PAPPE SEBRAETEC INOVA.

Através da simulação de determinados componentes e equipamentos com interface e interação com componentes reais como, por exemplo, CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e painéis elétricos, propõe-se o confronto dos aprendizes com situações específicas encontradas no ambiente industrial.

Este trabalho apresenta alguns avanços com relação ao trabalho de conclusão de curso que o motivou (OLIVEIRA, 2012) e está em andamento como um projeto do Mestrado em Engenharia de Sistemas da Universidade de Pernambuco.

2. SOLUÇÃO PROPOSTA

A plataforma proposta se assemelha a um jogo de computador em que uma máquina específica (de acordo com solicitações de clientes), objeto do treinamento, é modelada e simulada virtualmente, juntamente com seus componentes elétricos e mecânicos. O jogo se comunica com uma interface eletrônica, através de uma porta USB (*Universal Serial Bus*),

que deve realizar comandos e leituras nos componentes reais presentes no treinamento, tais como CLPs (Controladores Lógicos Programáveis). Cada módulo (entenda-se máquina específica a ser simulada) possuirá o ambiente virtual relativo àquele treinamento. O objetivo é que um instrutor, em um treinamento na máquina modelada, possa gerar falhas específicas nos componentes virtuais ou nos componentes reais e desenvolver no aluno a capacidade de analisá-los e corrigi-los.

O projeto prevê a geração de 5 equipamentos genéricos distintos, como prova de modelo da proposta. O primeiro ambiente virtual realizado (OLIVEIRA, 2012) simula um elevador de três pavimentos, com 3 botões (térreo, 1º andar e 2º andar), 5 sensores de posição (térreo, 1º andar, 2º andar, sensor de segurança inferior e sensor de segurança superior) e 3 respostas possíveis do CLP (subir, descer e parar). A Figura 1 mostra uma das telas inicialmente criadas para o primeiro ambiente virtual.

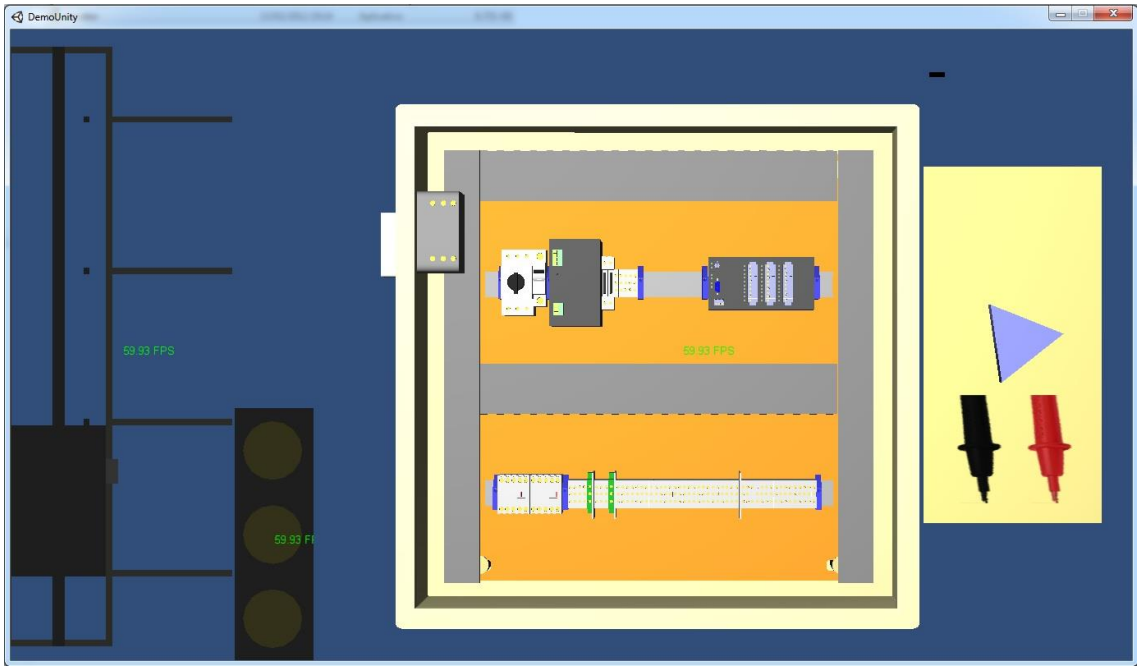

Figura 1 – Ambiente virtual inicial do projeto.

Foi iniciado recentemente o desenvolvimento do segundo ambiente virtual (envolvendo esteiras e pontes rolantes), que deve simular condições de interação direta entre objetos físicos e comportamentos segundo as Leis de Newton. Esse ambiente servirá para treinamentos em CLPs, Inversores de Frequência e Painéis Elétricos.

Para os três próximos ambientes virtuais, pretende-se atingir a simulação de condições que envolvam, respectivamente, hidráulica/pneumática (problemas com tanques e receitas), máquinas rotativas (motores e/ou geradores) e alterações dinâmicas no formato dos objetos (prensas de extrusão).

A Figura 2 mostra um esquemático de como é a bancada de treinamento do aprendiz e as ligações entre o computador e os equipamentos reais. Note que no monitor da esquerda se encontra a programação do CLP e no monitor da direita o ambiente com o elevador virtual sendo controlado através do CLP real. A placa de interface (OLIVEIRA, 2012) faz a conexão entre os módulos de entrada/saída do CLP e o software.

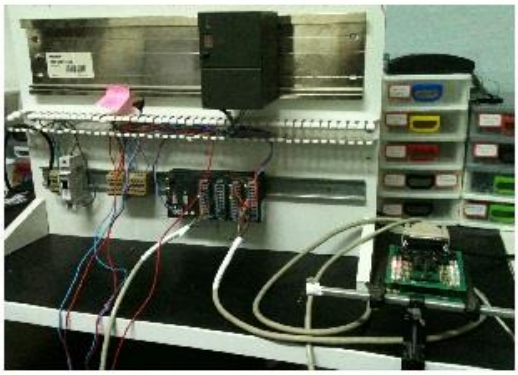

Figura 2 – Esquema geral de montagem da estação de treinamento.

É requisito do software de simulação, além do ambiente e máquina a ser simulada, a capacidade de comunicação via USB com o módulo desenvolvido, realizando a interface entre os componentes reais (CLP e painéis elétricos) e o computador. Este módulo foi desenvolvido em uma primeira etapa do projeto. Assim, quando o aprendiz/usuário interage com o elevador do ambiente virtual, apertando um botão por exemplo, um sinal é enviado via USB para a plataforma Arduino presente na placa de interface, a qual gera as tensões correspondentes para as entradas do CLP, como ele receberia dos sensores no mundo real. O CLP (programado pelo aprendiz), gera os sinais de controle dos motores do elevador, sinais esses que são enviados de volta ao ambiente virtual pela placa de interface. Dessa forma, o controle do elevador virtual é feito de forma real.

Na Figura 3 está um pequeno infográfico que resume o funcionamento do projeto. Na Figura 3 (a) o ambiente virtual (no caso específico do elevador) simula um problema no funcionamento do equipamento e manda os sinais para o CLP do mundo real via interface Arduino. A Figura 3 (b) mostra o usuário investigando o problema no ambiente virtual (fazendo medições com multímetro virtual no painel elétrico da simulação ou nas máquinas modeladas) e no mundo real (através de medições reais no CLP e visualização de LEDs indicativos no CLP).

O usuário atua conforme sua própria estratégia para solução de uma falha simulada (alteração no circuito elétrico virtual ou programação do CLP real, que pode estar em outro PC ou no mesmo PC, em outra janela). Na Figura 3 (c) as modificações feitas pelo usuário em treinamento refletem no modo como a simulação ocorre, podendo resolver ou não o problema simulado.

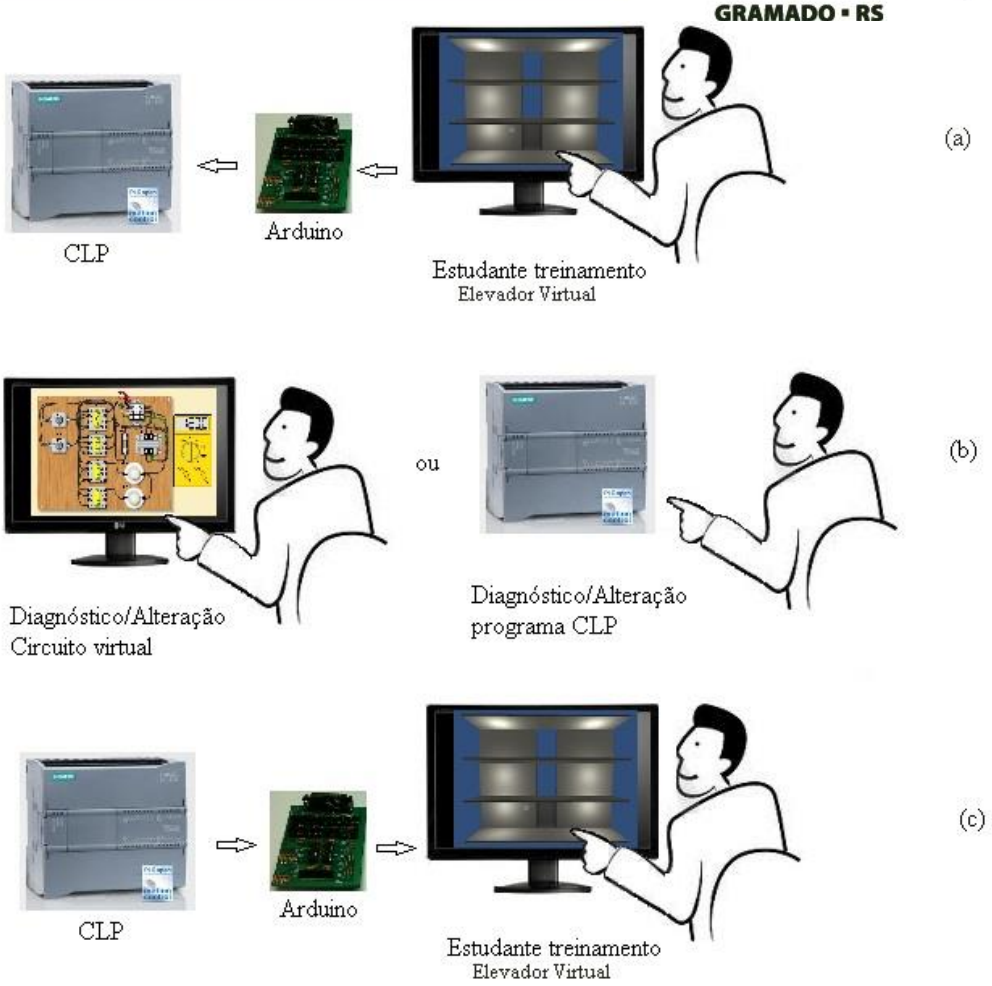

Figura 3 – Infográfico resumo do treinamento: (a) Fluxo de dados do ambiente virtual para o CLP; (b) Diagnóstico realizado pelo usuário; (c) Fluxo de dados do CLP para o ambiente virtual.

O objetivo desses ambientes foi o de reduzir as incertezas na modelagem e simulação de máquinas mais complexas, permitindo ainda o teste da modelagem dos sistemas elétricos e mecânicos virtualmente. A solução completa tem diversas aplicações e potenciais de mercado quando pronta.

O desenvolvimento do conjunto de ambientes oferecerá recursos que permitirão estender o escopo do treinamento a conteúdos mais complexos, criando abordagens fiéis aos problemas encontrados em máquinas automatizadas, aprofundando o conhecimento nas técnicas e métodos de programação de controladores industriais, criando um treinamento mais flexível e orientado às necessidades dos clientes.

Além disso, a Plataforma de Treinamento por Simulação em Controle e Automação também poderá ser usada como importante ferramenta na confecção de projetos de máquinas automáticas e processos de controle. Pois, utilizando seus recursos, profissionais mais experientes poderão desenvolver e testar seus projetos em um ambiente virtual, otimizando o tempo e aumentando a qualidade de seus serviços.

O treinamento com simulação é uma maneira única de ensino que permite o desenvolvimento de competências que os métodos convencionais não conseguem. O recurso de criar no computador um ambiente virtual do que se vê no mundo real vem sendo aplicado,

com grande sucesso, em diversos setores da indústria no mundo inteiro, tanto para especialização quanto formação de profissionais. Tal como se propõe neste projeto, ele oferece ao usuário uma experiência muito próxima da realidade, que o permite aplicar seus conhecimentos e avaliar sua perícia, podendo ser usado inclusive como ferramenta de avaliação/seleção.

3. O AMBIENTE VIRTUAL E INTERFACES

Detalhamentos da construção do Módulo de Interface (plataforma Arduino, firmware e eletrônica de apoio) estão descritos em (OLIVEIRA, 2012). Foi montada uma bancada específica para o treinamento onde o CLP foi integrado com o módulo de interface (em um case temporário) e uma fonte de 24V como visto na Figura 4.

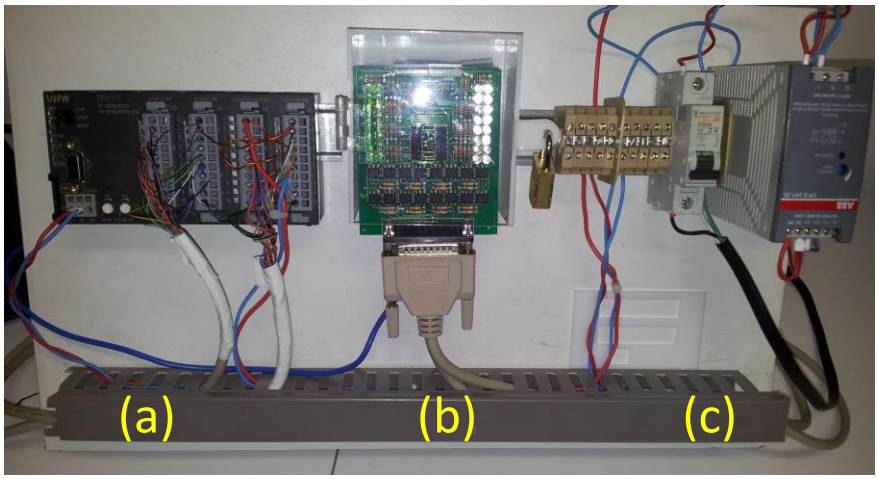

Figura 4 – Bancada atual: (a) CLP VIPA. (b) Módulo interface. (c) Fonte de 24V.

Da esquerda para direita, na Figura 4, temos um CLP VIPA 115-6BL02 para controle do cenário simulado. O módulo de interface (b) está em um case construído para o propósito de proteção e visualização dos LEDs na bancada e, por fim, mais à direita, a fonte de que alimenta o CLP e uma parte do módulo de interface. Observe o uso de dois DB25 para conexão entre o CLP e o módulo (FRANCHI, 2009).

No primeiro ambiente virtual, destaca-se a recente inclusão de sons pré-gravados em determinados eventos, como a rotação de um motor ou o abrir/fechar de portas do elevador, como um dos avanços na área de simulação. Entre outras alterações, o ambiente criado foi mais personalizado para o treinamento do aprendiz e houve uma melhoria na apresentação das telas, painéis, falhas, ferramentas de diagnósticos e cenários.

Na imagem principal do cenário 1 existem três pavimentos, cada um com uma porta individual, um conjunto de botões de comando e o elevador propriamente dito. No pavimento inferior existe um painel elétrico do lado direito da porta do elevador. Cada um desses itens é acessível através do clique com o mouse, abrindo uma tela de detalhes sobre o item selecionado. Outra opção é através da tecla F9 que realiza a abertura simultânea de todas as telas auxiliares.

Na Figura 5 temos o destaque do painel elétrico aberto. Nesta imagem pode-se observar a posição do elevador em relação ao cenário e os botões, além dos itens que compõem o painel elétrico como multímetro, contactores (subida e descida), bornes de conexão elétrica,

disjuntor trifásico, disjuntor monofásico, fusíveis, fonte de 24V e CLP virtual. Todos estes itens estão presentes no projeto elétrico da planta, de forma análoga ao caso real.

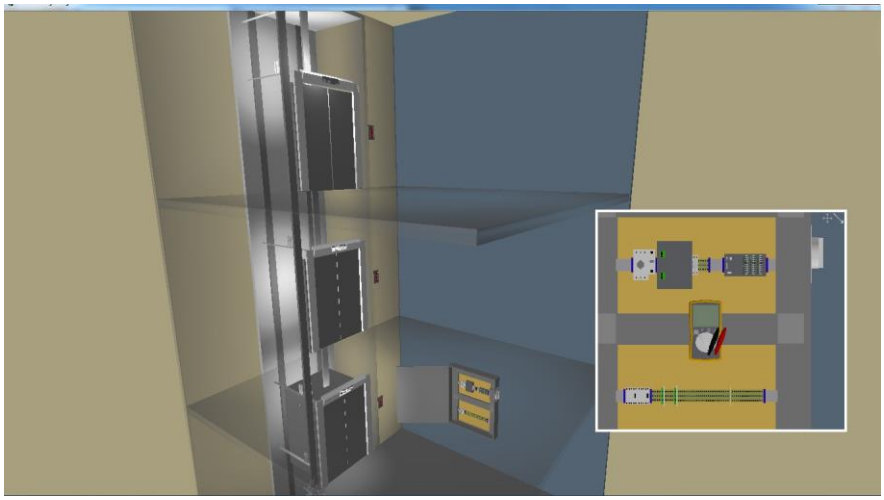

Figura 5 – Segunda versão do ambiente virtual elevador, com destaque no painel elétrico.

Na Figura 6 destaca-se o detalhe da botoeira de comando, com acesso em qualquer pavimento, assim como os sensores que podem ser abertos através de um clique do mouse. Estes sensores possuem um indicador visual para demonstração de quando foram atuados e isto ocorre na condição de funcionamento normal dos dispositivos, quando o sensor está alinhado com o atuador posicionado sobre o elevador. No total existem 05 sensores, sendo dois de segurança (inferior e superior) e três indicativos dos andares.

Figura 6 – Ambiente virtual elevador, com destaque nos sensores e botoeiras.

O painel elétrico pode ter seu zoom aumentado ou diminuído, facilitando o acesso e seleção de terminais menores. Também foi incluído um multímetro virtual que pode ser usado como ferramenta de diagnóstico junto com outras disponíveis na simulação, podendo ser usado para medições de tensões alternadas, contínuas, resistências e condutividade. O uso e as seleções com as ponteiras são intuitivas e de fácil aprendizado. A Figura 7 mostra o painel elétrico em destaque com zoom aumentado sobre a fonte, CLP e disjuntores. Observe a leitura

do multímetro que mostra uma tensão alternada de 218,6V entre os terminais selecionados pelas ponteiras, como ocorreria em uma situação real.

As medições do multímetro mostram os valores calculados na simulação elétrica, sendo compatíveis inclusive quando as falhas estão ativadas.

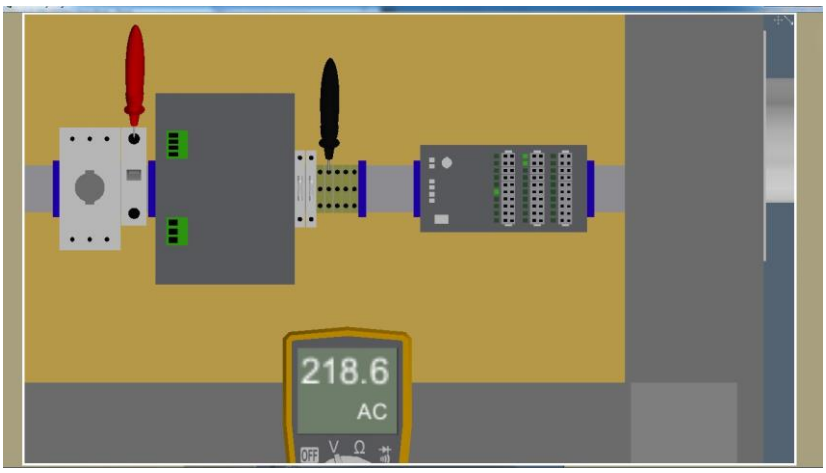

Figura 7 – Destaque do painel elétrico virtual.

Seguindo o modelo definido inicialmente, foi criado um cadastro de possíveis falhas para o cenário 1. Estas falhas são compostas de pequenos defeitos em componentes específicos da simulação que, ao serem compilados pelo cenário, se comportam de forma fidedigna à realidade. Um exemplo ocorre quando é simulada a queima de um dado fusível do painel. Na simulação elétrica, as características de um fusível queimado impactam de uma forma diversa de quando o mesmo fusível está funcional.

Estes defeitos podem ser investigados pelo aprendiz usando o multímetro virtual, verificações luminosas no CLP físico, comportamento do sistema e o auxílio dos projetos elétricos e de automação do cenário. Ao se decidir por um dado diagnóstico, o aprendiz pode substituir os componentes defeituosos por cópias plenamente funcionais. O jogo registra um *log* do desempenho e das ações do aprendiz, permitindo avaliar conhecimentos e características como tempo de solução das falhas, linha de raciocínio e hipóteses tomadas pelo aprendiz, custo das ações do aprendiz (substituição de componentes + tempo) e avaliação geral em diversos conjuntos de falhas de um dado cenário.

Na Figura 8, observa-se do lado esquerdo a tela de seleção das falhas cadastradas para o cenário, que devem ser indicadas pela metodologia e avaliação do tutor. Cada falha é conhecida pelo tutor e selecionada de acordo com o objetivo da atividade, com ressalva para possibilidade de mais de uma falha poder ser selecionada simultaneamente. Na janela central é possível observar a tela de reparos (substituição dos componentes), realizadas pelo aprendiz após o diagnóstico da falha, e na janela à direita o registro das atividades do usuário.

Figura 8 – Telas onde o tutor insere falhas a serem reparadas no treinamento.

A simulação do circuito elétrico ocorre simultaneamente à simulação dinâmica do ambiente, com todas as características elétricas previstas operando.

Recentemente foi firmada parceria com o SENAI – PE para exposição de alunos ao sistema desenvolvido através de metodologias de avaliação, buscando melhorias potenciais na implantação do projeto. Também está sendo negociado com empresas do setor de treinamento técnico o uso experimental da ferramenta.

Dado que este primeiro cenário foi avaliado como disponível para testes no mercado, foi iniciado recentemente o desenvolvimento do segundo ambiente virtual, que deve ser composto de duas esteiras, controláveis pelo CLP, uma ponte rolante com garra, caixas móveis e os controles do sistema. Um esboço do cenário pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Segundo ambiente virtual proposto, para controle de esteiras e ponte móvel.

4. METODOLOGIA DE ENSINO A SER APLICADA

Para metodologia de ensino está sendo desenvolvida uma avaliação das abordagens de uso da ferramenta, buscando um conjunto de boas práticas para o processo de aprendizado. Dentre os pontos a serem estudados, destaca-se os métodos de avaliação, a necessidade de avaliação dos alunos antes, durante e depois do processo de treinamento e a associação da ferramenta de simulação com as máquinas no mundo real.

Em paralelo é estudada a possibilidade de utilizar a ferramenta como sistema de avaliação técnica e de raciocínio lógico na resolução de problemas, permitindo que seja usada para seleção de candidatos para vagas técnicas, por exemplo.

Uma das principais metas da etapa atual é a definição do perfil do facilitador do processo de aprendizagem, responsável por auxiliar os estudantes ao resolver dúvidas pontuais e que tem o papel de orientar o curso da aula em busca de uma apresentação geral dos métodos e diagnósticos aplicado. Este tutor, além de mostrar o princípio geral de funcionamento da máquina estudada, deve selecionar os problemas/falhas para os alunos de acordo com seu nível de dificuldade e necessidade de aprendizagem.

5. CONCLUSÕES

O MKSIM está operando de forma totalmente funcional em seu primeiro cenário e foi iniciado o desenvolvimento dos cenários seguintes. É consenso entre os profissionais consultados que a ferramenta pedagógica que está sendo desenvolvida é muito interessante para o ensino dos conhecimentos associados à solução de problemas em máquinas/circuitos elétricos.

Nas etapas que se seguem será incluso o uso de sinais analógicos, junto com sinais digitais para acionamento e detecção de uma nova gama de instrumentos.

O estudo da metodologia de ensino a ser usada e a seleção do perfil do tutor do processo está em sua fase final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOEPE, "Crescimento de empregos formais em Pernambuco é o maior do NE", Diário Oficial do Estado de Pernambuco de 20/09/2012. Disponível em: < http://migre.me/eXoZy>. Acesso em 10 de junho de 2013;

FALCÃO, R., "Pernambuco é o estado que mais cresce no Brasil", Fórum UFPETRO 2011, Disponível em: <http://migre.me/eXp55>, Acesso em 10 de junho de 2013.
FIALHO, A. B. "Instrumentação Industrial - Conceitos, Aplicações e Análises", Erica, 7a ed., 2010;

FRANCHI, C. M. e CAMARGO, V. L. A. "Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos", Erica, 2a ed., 2009;

IPEA, Crescimento aumenta demanda de engenheiros e técnicos. Disponível em: <http://migre.me/eXp3C> Acesso em 10 de junho de 2013;

LUCENA, V. F.; NEVES, C.; DUARTE, L.; VIANA, N.; "Desafios da Automação Industrial", Anais do I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, PB, 2007;

OLIVEIRA, A. M.; UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, Escola Politécnica, Desenvolvimento de Solução de Treinamento por Simulação em Controle e Automação, 47p, Monografia, 2012;

MKSIM – SIMULATOR FOR TRAINING IN MAINTENANCE OF MACHINERY IN INDUSTRIAL ENVIRONMENT

Abstract: *This paper presents a tool and training methodology development for technician/engineer that works in maintenance and operation of machinery and equipment in a manufacturing industry. Be simulated behaviors of the daily in a classroom environment, speeding up the process of intellectual formation and professional of these students. This new technology simulates components, environments, machines and situations together with real components such as PLCs (Programmable Logic Controllers) and electrical panels. In the shape of a game, the apprentice training seeks information about the operation parameters (and diagnosis) of the machine object of the training. The learner is faced with different situations for the same simulated environment, ranging from the normal operation of the machine until complex failure, requiring electrical and mechanical equipment diagnosis, developing the student's ability to analyze and diagnose faults in the machines, which traditionally occur only through real experiences. Within the game the learner has the potential to interact with elements of the scenario that may impact the operation of the equipment object of study and observe the effect of their actions on the training environment.*

The learner can also interact with physical real devices on your training desktop, affecting the operation of the simulation, thus generating the cybernetic concept of action/effect caused by changes in the programming of PLCs, electrical panels or settings of physical drives in the machines of the simulated environment. It's been developed a training methodology and evaluation to study the effects of this multidisciplinary platform within the knowledge imparted.

Key-words: *Teach, Engineering, Tool, Simulation, Training, Virtual Environment, Electrical, Mechanical, Diagnosis, Evaluation.*