

Capacitando operadores de usinas termelétricas com o uso de simuladores de treinamento

ALEXANDRE NAVARRO | GT2 TECNOLOGIA, 2018

alexandre.navarro@gt2.com.br

De acordo com estimativas da indústria, anualmente são perdidos cerca de **US\$8 Bilhões** [3] por falhas e eventos provocados por erros humanos em instalações industriais, sendo uma parte significativa desta perda atribuída diretamente a eventos controláveis por operadores, que poderiam ter sido evitados com treinamento adequado. O avanço da tecnologia e do poder computacional tem feito surgir formas melhores e mais efetivas de treinamento, como simuladores de alta fidelidade, que inserem os operadores em um ambiente digital que replica a sua planta. A ferramenta é útil para criar uma base de conhecimento importante para operação eficiente, sendo usada para capacitar iniciantes a qualquer tempo, atualizar operadores experientes e validar e até mesmo contestar procedimentos de operação pré-existentes.

Palavras-chave: *Simulador full-scope, treinamento de operadores, usina termelétrica*

Com a consistente evolução do poder computacional nas últimas décadas, problemas cada vez mais complexos têm ganhado uma nova abordagem de solução via simulação, que oferece resultados mais rápidos e precisos. Nos últimos anos, a euforia gerada por essas novas possibilidades tem girado em torno do termo “*Digital Twin*”, que é usado para representar todo tipo de réplica virtual de um determinado sistema físico real, chamado de referência, com alto nível de fidelidade e detalhes. A ideia por trás desse conceito é que o *digital twin* de um equipamento, sistema ou mesmo de toda a uma instalação industrial se comporte efetivamente como se comportaria o equipamento, sistema ou instalação industrial de referência.

Uma aplicação imediata da simulação de sistemas industriais inteiros é o treinamento. De fato, uma das primeiras motivações comerciais de simuladores de instalações industriais foi o treinamento de operadores. Usinas nucleares possuem esta ferramenta desde o início da década de 1970, quando começaram a surgir centros de treinamento nos EUA [1]. No final da década de 1970, eles se espalharam pelo mundo e começaram a surgir as normas, como a ANS 3.5, que determinam como simuladores de alta fidelidade devem

ser desenvolvidos e as funcionalidades que eles devem conter para que possam ser usados para treinar apropriadamente os operadores de uma instalação nuclear de referência.



Figura 1 - Um simulador do final da década de 1970, em Surry, Virgínia - EUA. Crédito: INPO

Analogamente, usinas termelétricas de combustíveis fósseis também têm simuladores de alta fidelidade extensivamente utilizados e estes também estão submetidos à normatização pela ANSI/ISA 77.20. Todos os aspectos da norma e requisitos que ela impõe também giram em torno de treinamento e capacitação.

Entende-se o motivo em aplicar estas novas vias computacionais à capacitação de operadores quando se estuda suas vantagens. Sem um simulador, o treinamento e os testes de equipamentos ocorrem majoritariamente *on-site*, isto é, nas próprias instalações da planta. Não é difícil perceber as limitações e os perigos dessa opção. Em uma usina, existem procedimentos raros que mesmo operadores experientes enfrentam dificuldades para executar. Algumas situações importantes que demandam atenção e rapidez, como por exemplo a reação a eventos anômalos, como a quebra de um equipamento importante, vazamento de fluidos, entupimento de filtros, perda de sincronização com a rede, entre outros, são de difícil treinamento prático *on-site*. Procedimentos de partida e parada, que concentram a maior parte das manobras mais delicadas, são treinados somente em momentos específicos, como antes e após uma manutenção programada. Nenhum destes eventos pode ser deliberadamente estimulado a acontecer, e com isso os treinamentos ficam limitados pelas possibilidades ocasionais e estudos meramente

teóricos. Os operadores demoram mais tempo para agir e reagir, e cada minuto a mais representa uma perda financeira considerável que poderia ser evitada.

Vantagens de realizar treinamento em um simulador

Um simulador de alta fidelidade permite que o treinamento de operadores seja realizado em uma réplica do ambiente real, a qualquer tempo e com qualquer frequência, isolado da usina real. Além de certamente oferecer mais segurança que um treinamento *on-site*, oferece inúmeras possibilidades de capacitação.

A primeira a se destacar é que um simulador cria um ambiente verdadeiro de sala de aula. Há módulos separados para o instrutor e os alunos, de maneira que os alunos podem ter seu desempenho avaliado pelo instrutor, sendo classificados objetivamente por notas associadas à sua performance. O instrutor, dessa maneira, consegue identificar os pontos fracos de cada aluno e criar aulas personalizadas para superar as deficiências individuais e aprimorar a performance em todos os demais pontos. Isso produz, conseqüentemente, uma equipe de operadores mais qualificada e melhor preparada para lidar com os eventos normais e anormais que podem ocorrer em uma usina.

A disponibilidade da usina não é um problema quando se possui um simulador. O treinamento pode ocorrer a qualquer momento, e não existem procedimentos raros. Todo e qualquer procedimento pode ser executado, de modo que se torna então uma ferramenta apropriada para treinar também a equipe experiente.

Uma das principais funcionalidades merece destaque: a possibilidade de se inserir falhas, de qualquer tipo, no decorrer de uma simulação. Durante o projeto do simulador, a equipe de desenvolvimento interage com a equipe de operação da usina de referência e determina-se um conjunto de falhas com elevado interesse de reprodução no simulador. Todas essas falhas então são projetadas durante o desenvolvimento, utilizando modelos físicos de alta qualidade que geram efeitos fisicamente consistentes no simulador. Estas falhas podem ser utilizadas a qualquer momento pelos instrutores, o que eleva consideravelmente o impacto do treinamento. Bombas e válvulas importantes podem ser quebradas e emperradas, sensores podem apresentar desvios elevados de medição, filtros podem ficar entupidos e compressores podem desenvolver *fouling*. Os aspectos mais particulares de cada instalação também podem ser representados. Os efeitos esperados de cada uma dessas falhas também acontecem no simulador, tal como aconteceriam na usina.

Durante o treinamento, as falhas podem ser utilizadas pelo instrutor para testar a capacidade de reação dos operadores mediante a necessidade de ações críticas e urgentes. A rapidez da ação tomada por cada operador pode ser medida e os efeitos ficam registrados. A análise desses efeitos pode ser usada para classificar a qualidade da ação tomada de cada operador.

Por que um simulador *full-scope*?

Todas essas aplicações demandam que o simulador seja de fato uma réplica digital da usina de referência. Deve reproduzir não só os processos e equipamentos principais, mas também os diversos sistemas auxiliares e elétricos, assim como as malhas de controle, os painéis físicos na sala de controle, as telas de operação, reproduzindo toda a sua diagramação gráfica e funcionalidade. Pode-se reproduzir até mesmo a configuração física da sala de controle, a disposição dos equipamentos, as luzes, os alarmes sonoros e os ruídos característicos que são ouvidos pelos operadores durante eventos normais e anormais. Esse tipo de simulador é conhecido como simulador *full-scope*.

Devido a estas características, dentre os três tipos de simuladores definidos pela norma ANSI/ISA-77.20, o *full-scope* é o que apresenta as melhores condições para capacitar operadores. Os simuladores de escopo reduzido, uma categoria inferior, fornecem condições de operação realista em apenas alguns sistemas especificamente escolhidos para serem simulados, enquanto que oferecem condições nulas de treino nos demais, certas vezes sequer representados. Isso afeta diretamente a qualidade da capacitação da equipe, que precisa lidar com estes sistemas não simulados e seus efeitos na usina de referência no dia-a-dia da operação. A terceira categoria é de simuladores genéricos, que exploram o fato de que usinas diferentes podem ter características similares ou equivalentes, como equipamentos de mesmo fabricante, mesmo DCS ou configuração, de modo que o simulador *full scope* de uma poderia ser utilizado para treinamento de operadores da outra. De fato, este treinamento é possível, mas não pode ser comparado, em qualidade, a um realizado com a sua réplica digital, porque dificilmente todas os sistemas, controladores e demais configurações serão as mesmas. De um modo geral, simuladores genéricos tendem a oferecer um treinamento mais superficial e introdutório, apresentando conceitos básicos e operações generalistas.

O que é o anti-treino?

O anti-treino pode ocorrer quando o simulador em que está sendo conduzido o treinamento apresenta desvios de correspondência e de fidelidade em relação à usina

de referência. Caso não se consiga garantir que todos os processos simulados operam de forma realista, também não se poderá garantir que uma ação tomada pelo operador no simulador terá a mesma efetividade quando for tomada na usina de referência, sob as mesmas circunstâncias. Os desvios de correspondência abrem uma brecha para o aumento da inefetividade do treinamento, mas podem causar efeitos ainda mais severos. Ações tomadas em um simulador irrealista podem causar riscos desconhecidos à usina de referência, uma vez que sob esta situação os sistemas não correspondem.

É por isso que em um simulador genérico o treinamento fica limitado à superficialidade. Não se pode reproduzir na usina de referência o treinamento executado no simulador sem que este seja adaptado, delegando-o apenas a expansão de conhecimentos gerais e introdução à noção do ambiente industrial. Simuladores de escopo reduzido sofrem menos do mal, mas a falta de representação de todos os sistemas afeta a amplitude do treinamento. Simuladores *full-scope* podem sofrer com anti-treino somente no caso de falhas de projeto. Esta é a importância de se escolher um fornecedor com experiência e que produza modelos abrangentes e de alta qualidade para serem usados na réplica digital.

Retorno sobre investimento

Em 1993, o EPRI (*Electric Power Research Institute*) publicou um estudo intitulado “*Justification of Simulators for Fossil Fuel Power Plants*” [2], numa tentativa de medir o custo-benefício de um simulador *full scope* para uma usina de combustíveis fósseis, baseado no custo médio, à época, desse produto. A justificativa apresentada pelo EPRI para a realização do estudo é de que, àquela época, simuladores eram raramente utilizados em usinas termelétricas devido ao desconhecimento de seus benefícios. Oito usinas com simuladores *full scope* participaram do projeto.

A metodologia conduzida pelo EPRI se baseou em coletar dados de operação e registro de incidentes e *trips* dessas usinas causados por ação ou falta de ação direta do operador, que resultaram em perda de MWh que poderiam ter sido produzidos caso os operadores tivessem agido ou reagido de modo diferente. Em seguida, o estudo quantificou as perdas em valores monetários, em dólares da época. Quatro áreas específicas foram destacadas: disponibilidade da usina, performance térmica, conformidade ambiental e vida útil dos componentes.

O estudo demonstrou, entre diversos outros resultados, que o uso do simulador para treinamento de operadores dessas usinas contribuiu para aumentar sensivelmente a

performance da operação, reduzindo consumo de combustível, tempo de partida da planta e, principalmente, evitando erros de operação que resultam em paradas forçadas e danificações de equipamentos. Segundo o estudo, os operadores destas usinas conseguiram fazer as plantas operarem em faixas ótimas que garantiam maior eficiência térmica, reduzindo o consumo de combustível e emissão de gases nocivos, além de não prejudicar a vida útil dos componentes. O menor nível de erros também garantiu maior tempo de disponibilidade, evitando perdas com a usina parada e diminuindo a quantidade de partidas, contribuindo também para manter os equipamentos saudáveis. Todos esses benefícios foram de fato quantificados e convertidos em valores monetários, em dólares da época, e são apresentados abaixo:

Tabela 1 - Valores monetários em dólares de economia por MW para cada uma das categorias do estudo, com valores originais e correção para outubro de 2017.

	Performance térmica (US\$/MW)	Disponibilidade (US\$/MW)	Vida útil dos componentes (US\$/MW)	Conformidade ambiental (US\$/MW)
Ganho mínimo	285	182	89	2
Ganho máximo	603	8.566	2.700	265
Ganho médio	405	3.241	795	91
Ganho médio corrigido para OUT/2017¹	685,65	5.486,86	1.345,90	154,06

Com base nestes resultados, o estudo estimou que uma usina de 500MW pode economizar cerca de US\$24 milhões em 15 anos de operação com a incorporação de um simulador *full scope*, facilmente justificando a aquisição do produto.

Além de treinamento de pessoal, um simulador *full scope* pode também servir a outros propósitos para a usina de referência. Há relatos de diversos casos em que a ferramenta foi utilizada para realizar comissionamento de forma virtual, validando dados e sistemas de controle, prevendo comportamentos de novos equipamentos inseridos nas instalações, avaliando procedimentos de operação correntes e novos, além de procedimentos de contorno de falhas. Em grande parte dos casos, o processo de desenvolvimento do simulador também promove um entendimento maior da própria planta por parte dos operadores, podendo fornecer contribuições que vão além do próprio produto em si.

¹ Segundo cálculo oficial do *CPI Inflation Calculator*.

Hora de decidir

Manter a equipe de operadores bem treinada é a decisão mais inteligente para otimizar a performance da sua planta. Perdas de operação causadas diretamente por ação ou falta de ação do operador são facilmente identificáveis e mensuráveis, mas mesmo a operação normal cotidiana, realizada por operadores experientes que não sentem dificuldades ou deficiências de conhecimento, podem apresentar resultados surpreendentes com o uso de simuladores *full scope*. Trata-se de um investimento de rápido retorno financeiro e multi-uso. O que você faria, testaria e validaria se tivesse uma réplica digital da sua usina, que pudesse ser operada livremente sem nenhuma consequência física real?

Referências

- [1] T. Perkins, "Simulation technology in operator training," *IAEA Bulletin*, 1985.
- [2] General Physics Corporation, "Justification of Simulators for Fossil Fuel Power Plants," EPRI, Palo Alto, 1993.
- [3] Control Station, "Evolving Best-Practices through Simulation-Based Training," Tolland, 2010.
- [4] A. J. Spurgin, P. Moieni e J. P. Spurgin, "Some Applications of Full Scope Simulators," San Diego.
- [5] IAEA, "Use of control room simulators for training of nuclear power plant personnel," Viena, 2004.
- [6] X. LI, C. WU e X. HU, "Full Scope Real-Time Simulation of Hydropower Plant for a Training and Research Simulator," em *IEEE/PES Transmission and Distribution*, Dalian, 2005.
- [7] GSE Systems, "Fidelity Matters: What "High-Fidelity" Really Means," GSE Systems, 21 Junho 2017. [Online]. Available: <https://www.gses.com/blog/simulation-training/high-fidelity/>.
- [8] GSE Systems, "How power plants realize big savings using virtual commissioning," GSE Systems, 9 Junho 2016. [Online]. Available: <https://www.gses.com/blog/simulation-training/how-power-plants-realize-big-savings-using-virtual-commissioning/>.
- [9] A. C. A. Mol, M. A. C. Aghina, A. A. H. Almeida, C. M. N. A. Pereira, T. F. B. Varela e G. G. Cunha, "Full Scope Simulator of a Nuclear Power Plant Control Room Using 3D Stereo Virtual Reality Techniques for Operators Training," em *International Nuclear Atlantic Conference*, Santos, 2007.
- [10] Nhance Technologies, "A Simulator Acquisition Strategy," Lynchburg, 2012.
- [11] IEAE, "Selection, specification, design and use of various nuclear power plant training simulators," 1998.
- [12] S. McWhorter, B. Baker e G. Malan, "Simulation System for Control Software Validation".