



Desenvolvimento e utilização de simuladores industriais como ferramenta de promoção da aprendizagem em um curso de Engenharia de Controle e Automação

Edson Simões*
Adelson Siqueira Carvalho**

O curso superior de Engenharia de Controle e Automação é um curso caracterizado por aspectos teóricos e práticos sobre uma série de saberes necessários à prática profissional dos engenheiros egressos desse curso.

O curso está estruturado em uma matriz composta de diversos componentes curriculares que são, em última instância, as disciplinas do curso. Essas disciplinas são distribuídas ao longo dos períodos e podem ser agrupadas, como sugerido pelo sistema nacional de educação, em: núcleo básico, núcleo intermediário ou profissionalizante e núcleo específico.

Em diversas situações de aprendizagem, ao longo das disciplinas, os alunos são apresentados a problemas de natureza prática, aspectos de implementação e validação de sistemas desenvolvidos por meio de métodos que são ensinados durante as disciplinas do curso com conteúdo mais teórico e científico.

A atividade fim do engenheiro de controle e automação é desenvolver sistemas de controle automático para sistemas reais. A indústria de processos é o ambiente mais propício ao desenvolvimento dessa atividade. Um problema que reside no processo de ensino e aprendizagem desse curso é a ausência de equipamentos existentes em ambientes industriais. Nos laboratórios do curso, mesmo protótipos de muitos equipamentos não estão disponíveis. Essa dificuldade pode ser contornada com o auxílio de simulações e simuladores.

* Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, UCAM

** Doutorado em Informática na Educação, UFRGS

Aqui, define-se como simulação, o resultado da utilização de recursos computacionais para reproduzir, em tempo limitado, a materialização visual de algum fenômeno ou sistema. Simulador é entendido, então, como uma simulação sem limitação de tempo e operável durante sua execução.

O objetivo das simulações e simuladores é tão somente materializar aspectos teóricos e abstratos dos métodos ensinados nas disciplinas teóricas do curso. Um simulador pode ser utilizado com interação por parte do aluno, a simulação é utilizada para visualização de algum fenômeno ou comportamento dos processos e equipamentos industriais simulados.

Quando possibilitada a interação do aluno com a simulação, esta se torna um simulador, ou seja, torna-se uma ferramenta capaz de permitir ao aluno exercitar os aspectos teóricos aprendidos nas aulas expositivas, com a vantagem da materialização visual dos conteúdos. O funcionamento do processo simulado é representado por um modelo computacional do sistema real. As bases matemáticas para o desenvolvimento desse tipo de modelo são também conteúdo de disciplinas ao longo do curso.

Nas próximas duas seções são apresentados relatos de uso de simuladores e simulações em disciplinas do curso de Engenharia de Controle e Automação do IF Fluminense *campus* Campos-Centro.

A UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES PARA O ENSINO DE LABORATÓRIO DE CONTROLE

Um dos exemplos de utilização dos simuladores no curso de Engenharia de Controle e Automação é como forma de desenvolvimento de competências na operação de processos industriais e dos sistemas de controle automático desses processos. Essas competências são desenvolvidas pelo aluno nas aulas das disciplinas de Laboratório de Controle I e II.

Nesse tipo de utilização os simuladores são desenvolvidos com tecnologias conhecidas dos alunos do curso, particularmente a utilização dos *softwares* como o Matlab® da Mathworks™ e Intouch® da Wonderware™. O Matlab é um *software* utilizado para projeto e simulação de sistemas de controle, no qual podem ser modelados os sistemas dinâmicos inerentes à aplicação do simulador em desenvolvido. O Intouch® é um *software* nativo

da área de automação industrial denominado *software* supervisor, no qual são construídas as telas de supervisão que normalmente os operadores das plantas industriais operam e estão em constante contato. Normalmente, os operadores interagem com o sistema real por meio do Intouch®, mas, no caso dos simuladores, eles interagem com o modelo computacional que emula o sistema real.

De posse do simulador desenvolvido, os alunos podem explorar, na forma de aplicações, aspectos práticos que, de outra forma, só poderiam se manifestar nos sistemas reais.

Como exemplo ilustrativo pode-se tomar como referência um processo industrial de processamento de condensado de gás natural. A tela de interação homem-máquina, ou tela de operação do simulador desenvolvido no trabalho de Da Silva e Glória [2012] pode ser visualizada na Figura 1.

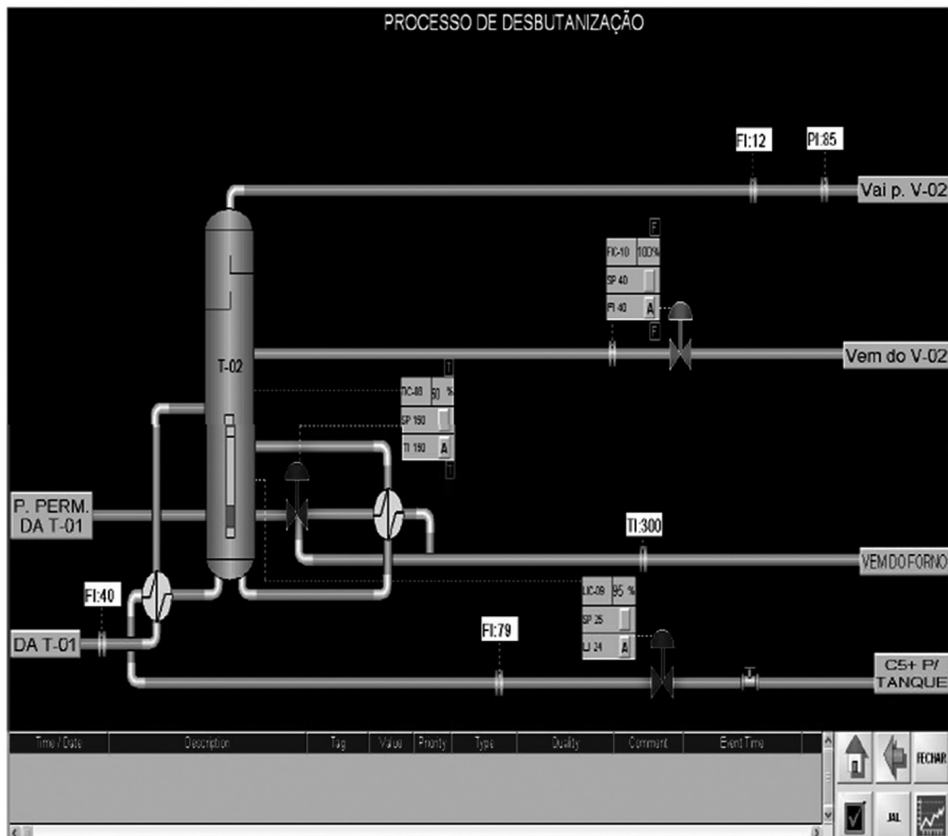


Figura 1 - Tela de operação do simulador desenvolvido

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

Os modelos computacionais são construídos com o Simulink/Matlab. Um dos modelos desenvolvidos no trabalho de Da Silva e Glória [2012] pode ser visto na Figura 2. Trata-se de um diagrama de blocos e fluxo de sinais utilizado para reproduzir o comportamento da variável de processo *nível* em função das variáveis: vazão de saída e vazão de entrada.

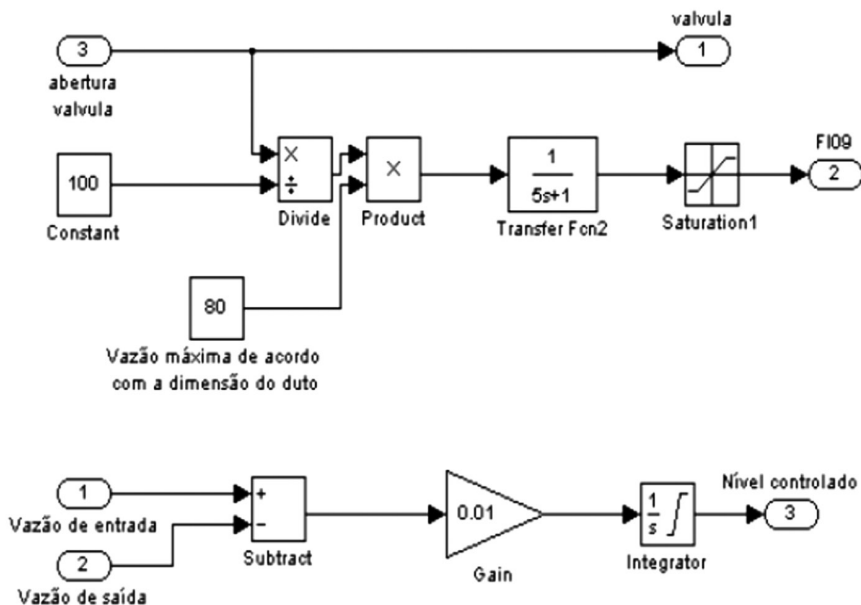


Figura 2 - Modelo computacional do sistema de controle de nível de uma unidade de processamento de condensado de gás natural

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

A utilização dos simuladores de processos industriais nas disciplinas de controle e laboratório de controle permite a experimentação prática das atividades típicas desenvolvidas em ambiente industrial. A impressão de alunos e operadores de processos industriais acerca da usabilidade e funcionalidade desses simuladores pode ser vista na seção de resultados deste capítulo.

A UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NO ENSINO DE CONTROLE MODERNO

Os problemas abordados na área de engenharia, em sua grande maioria, consistem em sistemas mecânicos, elétricos ou eletromecânicos.

Compreender seu comportamento se faz necessário para desenvolvimento de subsistemas que permitam modificá-los para um comportamento mais apropriado a uma determinada aplicação. A identificação de propriedades tais como linearidades, não linearidades, variação ou não variação do sistema ao longo do tempo, são fatores que contribuem para o sucesso do desenvolvimento do projeto vinculado ao sistema em estudo.

A simulação computacional é uma ferramenta que pode ser utilizada na aplicação da prática profissional promovendo melhor consolidação da teoria. Essa ferramenta permite a materialização das propriedades que caracterizam o comportamento dos sistemas durante a obtenção do seu modelo. Outro benefício que pode ser citado é a possibilidade da investigação do comportamento do sistema a diversos estímulos de entrada. A interpretação da dinâmica do sistema pode ser facilitada quando acrescentados estímulos visuais adequados, sendo estes: animações, gráficos e sons.

Segundo Ogata [2003], os sistemas de engenharia modernos têm a sua complexidade aumentada em virtude da necessidade de realizar tarefas cada vez mais complexas e de alta precisão. Sistemas complexos podem ter múltiplas entradas e saídas, ser variante ou invariante no tempo, aumentando a complexidade dos sistemas de controle.

O pêndulo invertido é um sistema naturalmente instável que possibilita trabalhar com uma variedade de sistemas de controle e com vários níveis de complexidade. Esse sistema pode ser comparado, de forma simplificada, a um foguete na base de lançamento na posição vertical, técnicas de controle moderno como *controle em espaço de estados* podem ser aplicadas para controlar as múltiplas variáveis de saída do sistema.

Após a construção do sistema de controle, a simulação permite ao aluno trabalhar técnicas de otimização no sistema para melhorar seu desempenho. A visualização da dinâmica do sistema com os dados obtidos na simulação podem ser observados na Figura 3.

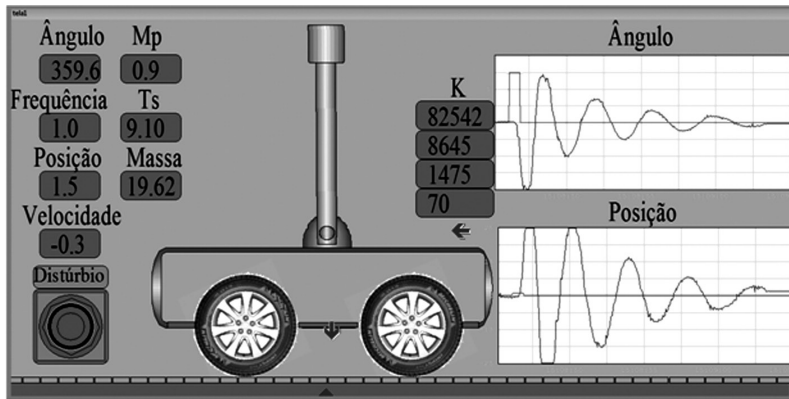


Figura 3 - Animação em 2D de um pêndulo invertido desenvolvido no Intouch®
 Fonte: Próprios autores

Essa tela de animação permite ao aluno acompanhar as variações das grandezas físicas presentes no sistema por meio de gráficos e valores numéricos. Um botão de distúrbio permite a interação com o sistema.

Animações construídas em plataformas de animação em 3D melhoram a compreensão da dinâmica do sistema por reproduzir o comportamento do sistema mais próximo da experiência visual humana. Na Figura 4, a animação do pêndulo é construída com auxílio do *software* Blender. O trabalho de Lins e De Sousa [2013] descreve detalhadamente a construção do simulador.

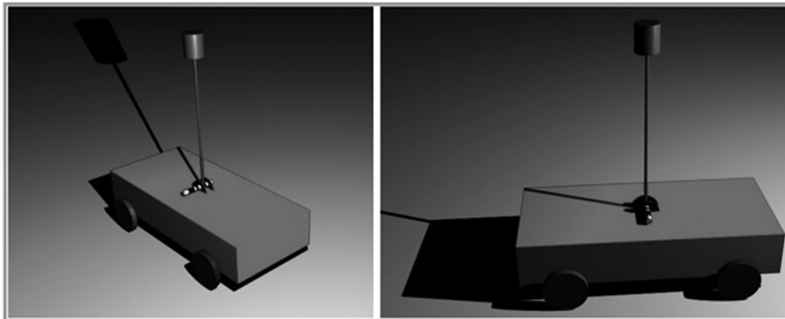


Figura 4 - Animação do pêndulo invertido em 3D
 Fonte: Lins e De Souza, 2013, adaptada pelos autores

Os modelos computacionais são desenvolvidos em uma plataforma de simulação dinâmica [Matlab/Simulink] que possui interação com o *software* de animação. O modelo computacional do pêndulo em conjunto com um sistema de controle pode ser visualizado na Figura 5.

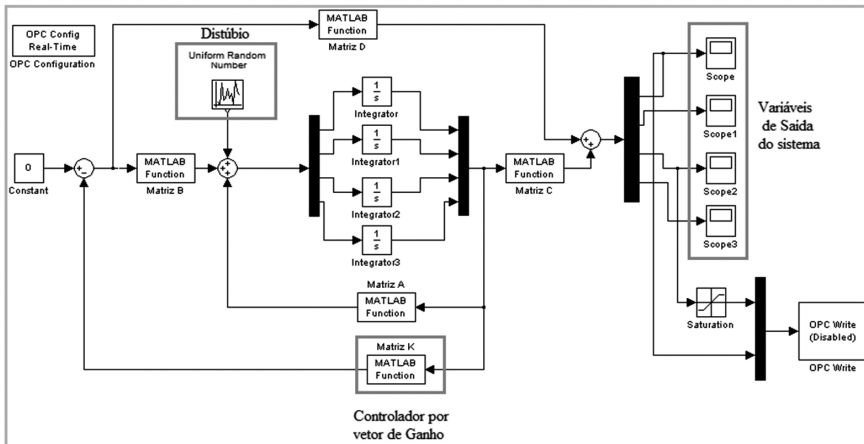


Figura 5 - Modelo do pêndulo em linguagem gráfica no Matlab/Simulink

Fonte: Lins e De Souza, 2013, adaptada pelos autores

O modelo computacional do sistema pêndulo invertido e o modelo do controlador em espaço de estados são reproduzidos no Matlab/Simulink. No exemplo em questão é utilizado um *software* para realizar a comunicação entre as duas aplicações.

RESULTADOS

Apesar de dois relatos de aplicação de simuladores terem sido apresentados, apenas um deles foi investigado em nível de percepção dos usuários, originando, portanto, dados que mereçam ser apresentados na forma de resultados.

Nos trabalhos de Da Silva e Glória [2012] e Carvalho et al. [2011], os simuladores foram utilizados por alunos e operadores de processos industriais com o intuito de coletar as impressões de sua utilização por parte do público-alvo. Os resultados apresentados neste capítulo foram retirados de Da Silva e Glória [2012]. Aspectos de usabilidade e funcionalidade foram escolhidos como base para a elaboração de um questionário de avaliação do simulador [ANEXO I].

Com os questionários preenchidos pelos alunos e operadores, foi feito um levantamento dos valores respondidos. Os extratos podem ser vistos nas Figuras 6 a 15.

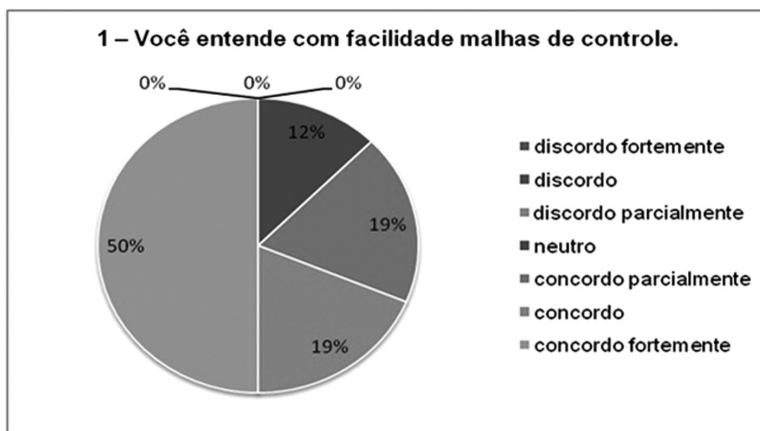


Figura 6 – Gráfico referente à afirmação um do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 1 da Figura 6 refere-se à primeira afirmação do questionário, na qual os operadores e alunos afirmam, na sua maioria, possuir um alto grau de conhecimento sobre malhas de controle.

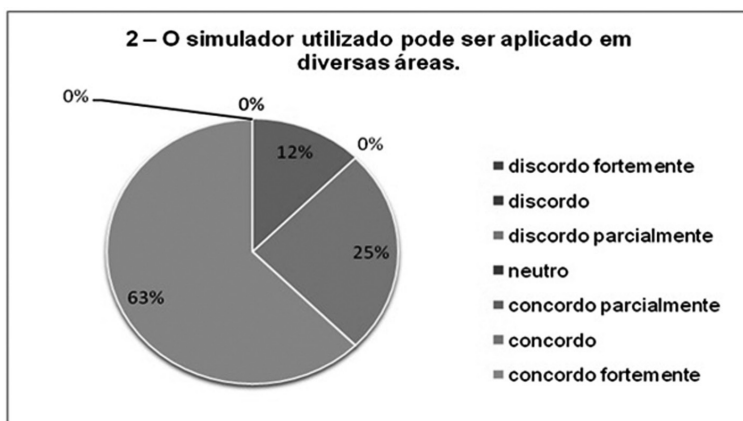


Figura 7 – Gráfico referente à afirmação dois do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 2 da Figura 7, referente à afirmação dois do questionário, mostra que alunos e operadores afirmam fortemente que o simulador pode ser usado em diversas áreas. Alguns sugeriram que para esse fim, o simulador deveria ser adaptado às diferentes áreas, isto é, poderiam ser utilizados com o mesmo propósito, mas desenvolvidos sob foco específico. Nenhum dos pesquisados se mostrou neutro em relação à afirmação.

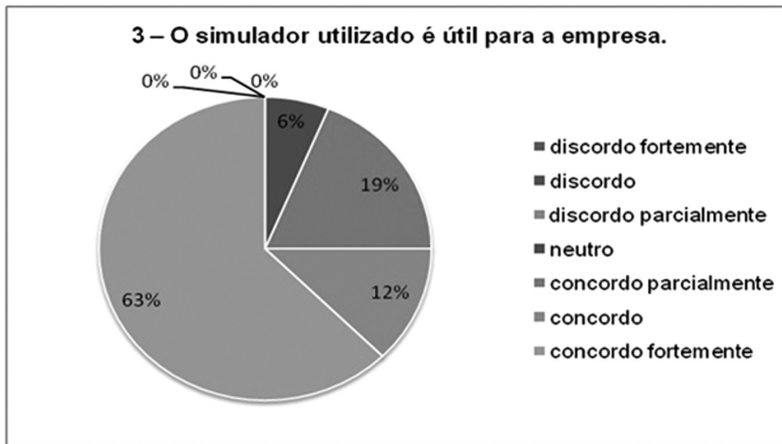


Figura 8 – Gráfico referente à afirmação três do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 3 da Figura 8 refere-se à afirmação de mesmo número do questionário. Os operadores e alunos afirmam fortemente que o simulador é de grande valia para o curso de engenharia e para a empresa, respectivamente.



Figura 9 – Gráfico referente à afirmação quatro do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 4 da Figura 9 refere-se à afirmação quatro do questionário. Ele demonstra que os usuários concordam que o simulador é relevante para a sedimentação dos conceitos trabalhados nos cursos de engenharia, para os alunos, e formação de operador, para os operadores. Uma pequena porcentagem se mostrou neutra em relação à afirmação.

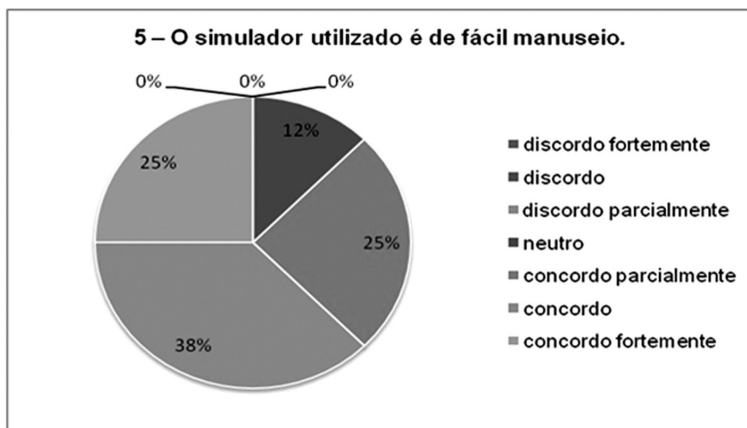


Figura 10 – Gráfico referente à afirmação cinco do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 5 da Figura 10 refere-se à quinta afirmação do questionário de avaliação. Isso confirma que os usuários do simulador concordam que o simulador é de fácil manuseio. Uma expressiva porcentagem dos pesquisados respondeu que concorda parcialmente. Esse fato se dá devido à pouca experiência dos usuários na utilização de sistemas de supervisão.

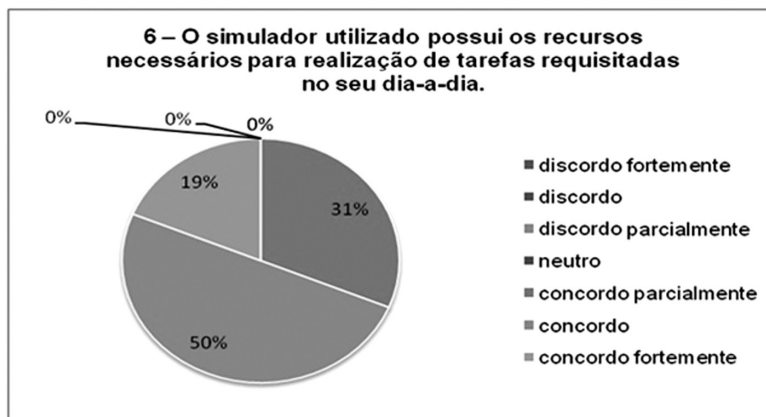


Figura 11 – Gráfico referente à afirmação seis do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 6 da Figura 11 refere-se à afirmação seis do questionário. O gráfico mostra que os alunos e operadores concordam que o simulador possui recursos para a realização das tarefas do dia a dia dos operadores e tarefas requisitadas por professores em sala de aula.



Figura 12 – Gráfico referente à afirmação sete do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 7 da Figura 12 refere-se à afirmação sete do questionário. Ele ilustra que os avaliadores concordam fortemente que o simulador auxilia no desenvolvimento de competências necessárias à formação profissional. Não foi atribuído nenhum valor abaixo de 6 referente à concordância parcial, neutralidade e discordâncias. Esse resultado demonstra o alto grau de importância dos simuladores no enriquecimento da formação profissional, tanto do operador recém-admitido quanto do aluno de engenharia.

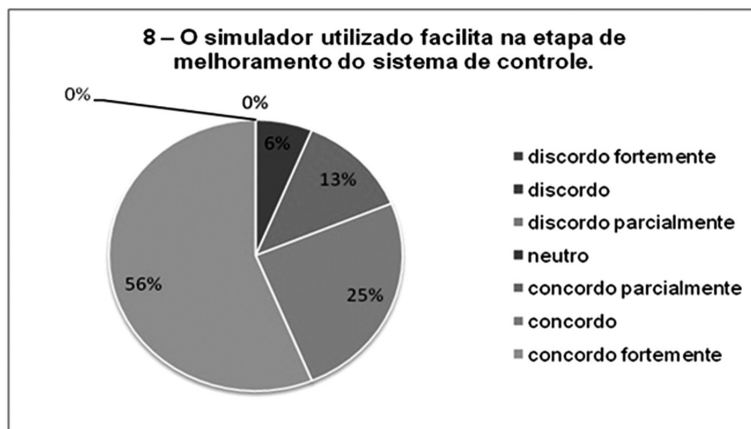


Figura 13 – Gráfico referente à afirmação oito do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 8 da Figura 13 refere-se à oitava afirmação do questionário e mostra que os usuários do simulador concordam fortemente que o sistema facilitaria o

desenvolvimento de um controle melhor numa unidade real. Uma pequena parcela respondeu neutro ou parcialmente. Essa resposta é reflexo de pouca experiência na utilização de sistemas simulados, segundo comentários dos próprios pesquisados.

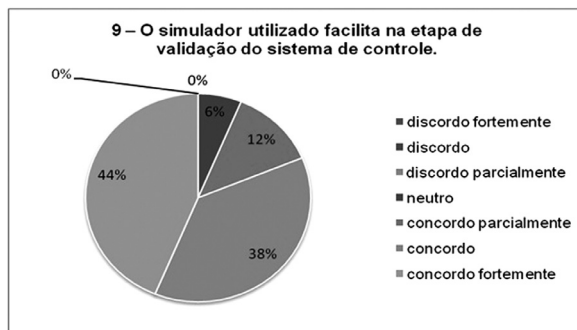


Figura 14 – Gráfico referente à afirmação nove do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 9 da Figura 14 refere-se à afirmação nove do questionário. Ele mostra que os alunos e operadores concordam fortemente que o simulador facilita a validação de novos sistemas de controle para uma unidade real. Muitos dos pesquisados tiveram dificuldade em relação à interpretação dessa afirmativa. Então, foi explicado para eles que se trata da possibilidade de validação de novos sistemas de controle numa planta real.

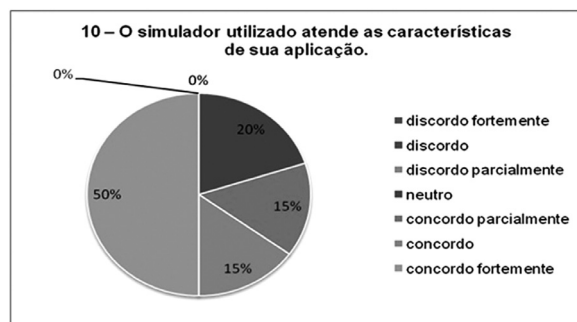


Figura 15 – Gráfico referente à afirmação dez do questionário

Fonte: Da Silva e Glória, 2012

O gráfico 10 da Figura 15 refere-se à última afirmação do questionário. Ele apresenta que metade das pessoas avaliadas concorda fortemente que o simulador atende as características de sua aplicação. Um quinto das pessoas se manteve neutro mostrando que o simulador ainda pode ser melhorado. Os outros concordaram ou concordaram parcialmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de simulações e simuladores no processo de ensino aprendizagem é um campo promissor da pesquisa em educação, bem como das boas práticas no contexto do ensino de engenharia, notadamente quando são utilizados para contornar limitações dos métodos tradicionais de ensino.

Os relatos aqui descritos têm como objetivo apresentar ao leitor algumas dessas boas práticas e investigações pedagógicas correntes no curso de engenharia do IF Fluminense *campus* Campos-Centro, sobretudo no que tange ao uso de tecnologias digitais para a potencialização do processo de ensino e aprendizagem.

Em oportunidades futuras, novas investigações científicas e pedagógicas sobre o tema serão conduzidas, tendo como subprodutos, trabalhos de conclusão de curso e produções técnicas diversas. A difusão do uso de tecnologias digitais na educação permite uma maior adesão de profissionais da educação na busca por melhorias na formação dos alunos, melhorando conseqüentemente o desempenho dos futuros profissionais em sua prática cotidiana, propiciando mudanças positivas na comunidade.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. S. et al. Desenvolvimento de simulador industrial para processamento de gás natural. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA [SEGET], 8., 2011, Resende, RJ. Anais... Resende-RJ, 2011.

DA SILVA, D. R.; GLÓRIA, L. S. Simulador de uma unidade de processamento de condensador de gás natural. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Engenharia de Controle e Automação] – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos, RJ, 2012.

LINS, C.; DE SOUSA, F. V. *Desenvolvimento de um simulador didático de um pêndulo invertido com modelagem e controle em espaço de estados*. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Engenharia de Controle e Automação] – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos, RJ, 2013. 106 p.

OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Nome:

Curso:

Período:

Qual a sua **Percepção** [E] em relação ao desempenho da ferramenta? Responda marcando um valor de 1 a 7. Se você **concorda** fortemente com a afirmação da questão, marque o número 7. Se você **discorda** fortemente marque 1. O 4 é considerado **neutro**. Caso contrário marque um dos números intermediários (2, 3, 5 ou 6).

1 - Você entende com facilidade malhas de controle.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

2 - O simulador utilizado pode ser aplicado em diversas áreas.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

3 - O simulador utilizado é útil para a empresa.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

4 - O simulador utilizado é relevante para a sedimentação dos conceitos trabalhados em seu curso de formação.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

5 - O simulador utilizado é de fácil manuseio.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

6 - O simulador utilizado possui os recursos necessários para realização de tarefas requisitadas no seu dia-a-dia.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

7 - O simulador utilizado auxilia no desenvolvimento de competências necessárias à sua formação profissional.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

8 - O simulador utilizado facilita na etapa de melhoramento do sistema de controle.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

9 - O simulador utilizado facilita na etapa de validação do sistema de controle.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

10 - O simulador utilizado atende as características de sua aplicação.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---