Validação de sistemas de controle e automação na indústria do petróleo e gás utilizando métodos de geração automática de testes

Orientador: **Prof. Max Hering de Queiroz**
Co-orientador: **Prof. Jean-Marie Farines**

Área: Automação e Sistemas
Local de Desenvolvimento: DAS
Início: 08/2015
Previsão de Término: 02/2017

Objetivos:

O objetivo deste projeto de pesquisa é investigar a aplicabilidade de métodos que permitam validar sistemas de controle e automação em sistemas dinâmicos complexos, tipicamente encontrados na indústria de petróleo e gás, em especial em unidades de produção *offshore*, buscando a operação segura e em conformidade com as especificações de funcionamento desses sistemas. Nesse sentido, pretende-se definir uma metodologia de geração de testes que permita ao engenheiro da Indústria do Petróleo e Gás certificar equipamentos e programas de fabricantes a partir da conformidade destes com o projeto básico que ele lhes forneceu. Para apoiar a aplicação desta metodologia será desenvolvida uma ferramenta que permite gerar de forma semi-automática as sequências de testes, necessárias para a certificação. Pretende-se ilustrar a metodologia proposta através de estudos de caso, dirigido ao controle e automação de processos dos laboratórios do DAS e simulações de processos da Petrobrás.

Justificativa:

Sistemas críticos são sistemas geralmente encarregados de atividades de controle que requerem alto grau de confiabilidade, tendo em vista que falhas em tais sistemas podem levar a danos sérios de equipamentos de custo elevado e até em perdas de vidas humanas. A necessidade de atender os requisitos rigorosos deste tipo de sistemas exige que os projetos os levam em conta e que as implementações sejam previamente validadas. No caso da indústria de petróleo e gás, sistemas instrumentados de segurança são utilizados para garantir a segurança operacional de instalações industriais. Exemplos típicos são: Sistema de parada de emergência (ESD-Emergency shutdown); Sistema de parada de segurança (Safety shutdown); Sistema de intertravamento de segurança; Sistema de fogo e gás.

Os sistemas de controle lógico, sequenciamento e intertravamento de segurança se enquadram naturalmente na classe de Sistemas a Eventos Discretos (SED). Estes sistemas são caracterizados por um espaço de estados discreto de valores lógicos cuja dinâmica é dirigida pela ocorrência de eventos e podem ser representados por modelos formais. Na prática esses sistemas são geralmente implementados em CLPs adotando as linguagens das normas IEC 61131-3 e IEC 61499 e seguindo metodologias de projetos específicas do domínio da aplicação. No entanto, apesar da complexidade e da criticidade desses problemas, observa-se a pouca utilização de métodos formais na prática usual do projetista, seja na síntese de novos programas escritos nestas linguagens como na metodologia para validação de programas existentes (“legacy programs”) ou novos, que garantam as boas propriedades da lógica de controle implementada.

No âmbito do Grupo de Pesquisa em Sistemas a Eventos Discretos e Híbridos (GSEDHI) do DAS, pesquisas recentes têm abordado tanto o uso de verificação formal como de síntese formal para validação de programas de CLP. Uma versão preliminar de um ambiente para a modelagem e verificação de programas de controladores lógico-programáveis, escritos com Diagrama Ladder e alguns Blocos de Função, foi desenvolvido recentemente e testado numa aplicação de controle de sistema pneumático [2][3][4][5]. Já a abordagem modular local [7][8] da Teoria de Controle Supervisório (TCS) [6] permite a síntese de supervisores ótimos para SED explorando as características de modularidade das especificações e da planta, de forma a diminuir a complexidade computacional da síntese e a favorecer redução do tamanho de supervisores. Queiroz e Cury [7][8] propõem uma estrutura de implementação de sistema de controle baseada na arquitetura modular local para implementação em CLP segundo a norma IEC 61131. No entanto, por mais que as ferramentas para aplicação de métodos formais tenham avançado com as pesquisas recentes, os problemas de maior porte ainda são complexos demais para serem tratados em sua totalidade por essas ferramentas.

A prática de desenvolvimento de sistemas de controle e automação na Petrobrás tem como ponto de partida a elaboração de um projeto básico, pelo responsável pelo desenvolvimento do sistema na empresa, seguindo normas internas específicas. Ele contém um conjunto de documentos de projeto, tais como matriz de causa x efeito, diagrama lógico, memorial descritivo, entre outros. A partir deste projeto básico, o implementador, geralmente um fabricante de CLP ou de sistemas de instrumentação, controle e supervisão, gera um projeto executivo mais detalhado que lhe servirá de base para a implementação. O protótipo assim gerado deve ser certificado pelo engenheiro responsável do projeto na empresa, em vista dos requisitos que ele apresentou nos documentos do projeto básico. Esta certificação normalmente é realizada com prazos curtos, o que justifica a sistematização e um certo grau de automatização deste processo. Nesse sentido, o problema da geração de testes que permitem ao

engenheiro validar e certificar os desenvolvimentos dos equipamentos e programas realizados pelo fabricante a partir de requisitos definidos nos documentos do projeto básico que ele lhe forneceu é um ponto importante, de interesse imediato para a indústria de petróleo e gás e que precisa ser abordado com urgência.

Pretende-se neste trabalho definir uma metodologia de geração de testes que permite ao engenheiro responsável pelo projeto na Petrobrás certificar os equipamentos e programas de fabricantes desenvolvidos a partir do projeto básico que ele lhes forneceu. Esta metodologia deve permitir a geração, de forma sistemática, de sequências de testes a partir dos documentos do projeto básico, em particular a matriz de causa x efeito, os diagramas lógicos, memoriais descritivos, etc.

Este problema foi abordado pelo trabalho de mestrado do Thiago Javaroni Prati, sob orientação dos professores Max Hering de Queiroz e Jean-Marie Farines [9]. Sua pesquisa propõe uma metodologia que permite, a partir da matriz de causa x efeito, gerar de forma sistemática sequências de testes de CLP baseadas em modelos de Redes de Petri. Para validação da metodologia foi desenvolvido um primeiro protótipo de um ambiente de teste e que foi usado para testar um CLP Siemens S7-1200 controlando o simulador de um processo real da indústria de petróleo e gás [10]. A figura 1 apresenta uma visão geral da ferramenta de teste que organiza e transforma especificações contidas nos documentos do projeto básico em sequências de teste a ser aplicada ao CLP, num primeiro tempo e ao CLP ligado a um emulador da planta a seguir.

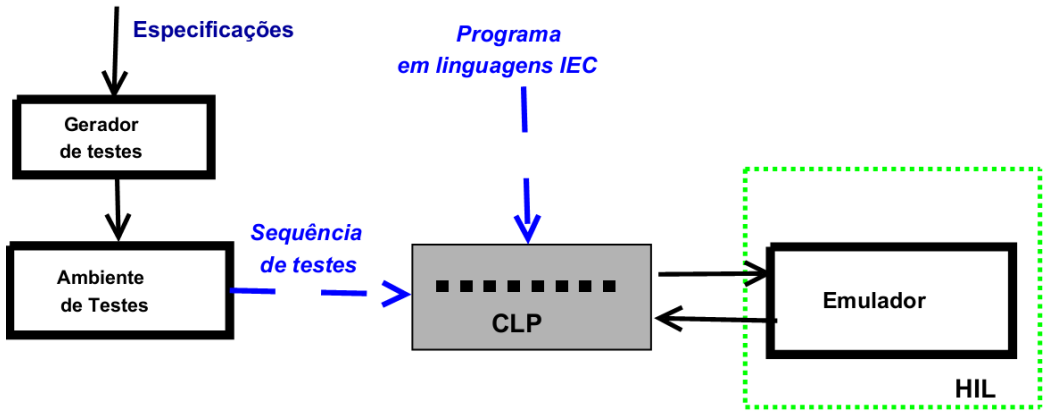

Figura 1: Ambiente de testes

Metodologia:

A presente pesquisa de mestrado dará continuidade ao desenvolvimento tanto da metodologia quanto do ambiente de testes de CLP. Com o objetivo de integrar as diferentes abordagens e ambientes que suportam a validação de programas de CLP, pretende-se investigar ainda o uso de informações obtidas durante a verificação formal destes programas para orientar a geração de sequências de testes.

Além disso, a metodologia proposta será analisada através de estudos de casos reais, que no primeiro momento podem se dirigir ao sistema instrumentado de segurança da planta do Laboratório para Experimentação em Escoamento Multifásico (LEEM) do DAS da UFSC (Projeto CNPQ-CTPETRO), que foi projetado para produzir escoamento multifásico com proporções controladas de água, óleo e gás, além de permitir desenvolvimentos de instrumentação e técnicas de controle (Figura 2). Outro ambiente onde seria possível testar os desenvolvimentos é o Laboratório de Automação de Campos Inteligentes (LACI) sendo construído no INPetro (Instituto do Petróleo, Gás Natural e Energia da UFSC). A emulação de cenários reais previamente discutidos com a Petrobras também será considerada para validação da metodologia e da ferramenta de testes.

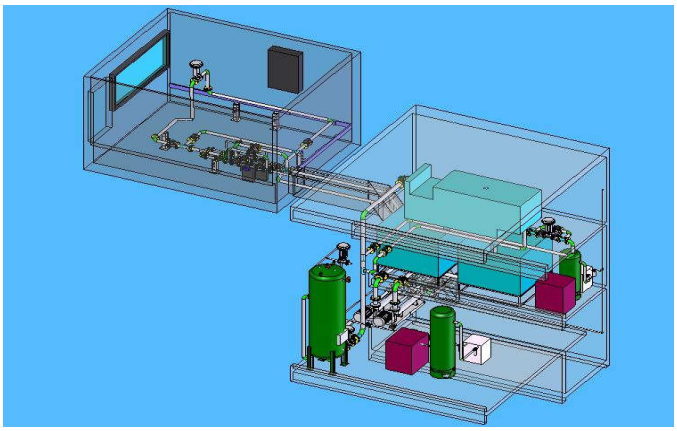

Figura 2: Laboratório do Laboratório para Experimentação em Escoamento Multifásico (LEEM)

Perfil desejado do mestrando:

Considera-se que este trabalho demanda do mestrando o seguinte perfil: 1) interesse pela área de automação discreta; 2) formação em engenharia ou ciências de computação; 3) interesse em aplicações de métodos formais a sistemas de controle da indústria de Petróleo e Gás; 4) interesse em desenvolver métodos e ferramentas para testes de CLP.

Cronograma:

Estas são as principais atividades previstas para o período de realização do mestrado:

1. Estudo de métodos formais para a verificação e testes de sistemas de controle por CLPs
2. Estudo da metodologia para especificação e validação de sistemas de controle e automação em uso na Petrobrás
3. Desenvolvimento de uma metodologia que permita, de forma sistemática, gerar sequências de testes a partir de documentos básicos do projeto
4. Desenvolvimento de um protótipo de ferramenta de teste para a implementação da metodologia para geração de testes
5. Aplicação da metodologia proposta na validação de sistemas reais
6. Análise dos resultados
7. Escrita de artigo
8. Escrita da dissertação
9. Defesa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2015	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	2
2016	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7	8
2017	8	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bibliografia inicial:

[1] J. E. Skogdalen, O. Smogeli. Looking Forward-Reliability of Safety Critical Control Systems on Offshore Drilling Vessels. Deepwater Horizon Study Group Working Paper-January 2011.

[2] M.F. Souza, *Modelagem e verificação de programas de CLP escritos em Diagrama Ladder*, Dissertação de Mestrado PPGEAS-UFSC, Outubro de 2010.

[3] Souza, M.F., Farines, J.M. and Queiroz, M.H., *'Modelagem e verificação de programas em Diagrama Ladder para Controladores Lógicos Programáveis'*. XVIII Congresso Brasileiro de Automática - CBA 2010, Bonito-MS, 2010.

[4] J.M. Farines, M.H. de Queiroz, M.F. de Souza, A.M.M. Carpes, F. Vernadat *Modeling and Verification of PLC Programs by using FIACRE Tool Chain.* TOPCASED DAYS 2011. Feb 2011.

[5] J.M. Farines, M.H. de Queiroz, V.G. Rocha, A.M.M. Carpes, F. Vernadat, X.Cregut. *A model-driven engineering approach to formal verification of PLC programs.* In: 2011 IEEE 16th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2011, Toulouse. p. 1-8.

[6] P.J.G. Ramadge e W.M. Wonham. The Control of Discrete Event Systems. In Proceedings IEEE, Special Issue on Discrete Event Dynamic Systems, volume 77, pp. 81-98, Jan. 1989.

[7] M.H. de Queiroz e J.E.R. Cury. Modular Control of Composed Systems. In Proceedings of the American Control Conference, ACC'00, pp. 4051-4055, June 2000.

[8] M.H. de Queiroz e J.E.R. Cury. Modular Supervisory Control of Large Scale Discrete Event Systems. In Proceedings of the 5th Workshop on Discrete Event Systems, WODES'00, volume 1, pp. 103-110., Ghent, Belgium, Aug. 2000.

[9] T. J. Prati , *Desenvolvimento de uma Metodologia para Realização de Testes em Programas de CLP na Indústria de Petróleo e Gás*, Dissertação de Mestrado PPGEAS-UFSC, Dezembro de 2014.

[10] T. J. Prati, J.M. Farines, M.H. de Queiroz *Automatic test of safety specifications for PLC programs in the Oil and Gas Industry* In: Proc. of the 2nd IFAC Workshop on Automatic Control in Offshore Oil and Gas Production. , 2015, Florianópolis. p.27 - 32