

# Sistema de controle MPC multivariável para uma unidade de tratamento de óleo e exportação de uma plataforma off-shore

Proposta de Dissertação de Mestrado

Orientador: Julio Elias Normey Rico

Co-Orientador: Daniel Martins Lima

Co-Orientador: Rodrigo Gesser

## 1 Informações Gerais

- **Áreas de concentração:** controle de processos.
- **Início:** agosto/2018.
- **Previsão de término:** fevereiro/2020.
- **Requisitos desejados:** experiência em análise, projeto e síntese de controladores e familiaridade com ferramentas de simulação de processos.

## 2 Objeto da Pesquisa

### 2.1 Problemática

Na indústria do petróleo os controladores preditivos (*Model Predictive Controllers* - MPC) [3] são largamente usados no setor petroquímico, principalmente nas refinarias. Diversas pesquisas têm mostrado que a utilização destes controladores tem permitido melhorar a qualidade da produção industrial [20], [2].

O MPC não é uma estratégia de controle específica, mas é o nome dado a um conjunto de métodos de controle que foram desenvolvidos considerando o conceito de predição e a obtenção do sinal de controle, através da minimização de uma determinada função objetivo [3]. Esta função considera o erro futuro e as restrições nas variáveis de processo e/ou de controle além do esforço de controle [15].

O MPC é usado na indústria em cascata com controladores clássicos PID que controlam as variáveis fundamentais do processo: vazão, temperatura, nível, etc., isto é, os sinais de controle gerados pelo MPC são as referências para os controladores locais. Na primeira etapa do procedimento de sintonia de todo o sistema de controle, o engenheiro deve ajustar uma por uma cada uma das malhas de controle local, utilizando para isto métodos tradicionais de sintonia de PIDs [1]. O processo pode contar também com malhas de controle avançado como são os controle por *feed-forward* e cascata, que se ajustam em uma segunda etapa e são especificamente projetadas para um sub-sistema do processo [7]. Finalmente, na terceira etapa ajusta-se o controle MIMO. Para esta última etapa é necessário que se determine um modelo dinâmico MIMO do processo que será usado pelo MPC para o cálculo das predições. Esse modelo é bastante complexo dado que deve poder representar as relações dinâmicas entre cada uma das referências dos controles locais e cada uma das variáveis de processo que interessa controlar [3]. Definido o modelo, deve-se em seguida ajustar o controlador MIMO, que possui um grande número de parâmetros de sintonia. Por este motivo o tempo necessário para a configuração e ajuste do MPC é muito grande e tem um custo operacional importante, além de exigir que as pessoas envolvidas no processo tenham experiência e profundos conhecimentos do processo e da técnica de controle [3].

A pesar do sucesso obtido com o MPC nestes setores da indústria do petróleo, este tipo de algoritmo ainda não tem sido usado no processo de produção e exploração onde com certeza trará ganhos significativos. Trabalhos preliminares utilizando técnicas de Controle Preditivo para sistemas não lineares como [10] demonstram ser possível melhorar o resultado econômico da produção de poços enquanto se obtém comportamentos dinâmicos mais bem comportados das variáveis envolvidas.

As plataformas de produção off-shore são compostas basicamente por 4 grandes unidades: (i) a unidade de separação trifásica, que separa o fluido que vem dos poços nas três fases, água, óleo e gás; (ii) a unidade de tratamento de água, que elimina os restos de óleo água antes do descarte no mar; (iii) a unidade de tratamento de gás que prepara o gás para a sua exportação ou para ser usado na injeção e (iv) a unidade de tratamento de óleo que elimina os restos de água antes de enviar o produto para exportação.

Para a implantação de um MPC numa unidade de produção e exploração exige tarefas de modelagem das unidades, sintonização de controladores locais das mesmas e composição do sistema global considerando os efeitos de cada uma nas demais, levando em conta o funcionamento do conjunto poço-plataforma. Tal tarefa cresce em complexidade rapidamente com o número de sub-sistemas considerados e com a complexidade dos modelos que representem cada uma das unidades.

## 2.2 Objetivos

A presente dissertação busca modelar e controlar de forma multivariável utilizando MPC uma unidade de tratamento de óleo de uma plataforma de produção e exploração de petróleo off-shore. Os resultados deste sistema de controle serão comparados com os atualmente usados na indústria para analisar a sua viabilidade de aplicação prática.

## 3 Metodologia

O plano de trabalho consiste de etapas metodológicas delineadas no sentido de se alcançar os objetivos propostos. São elas:

1. cursar a disciplinas de otimização e controle preditivo (2º semestre 2018);
2. revisar a literatura básica acerca do processo de produção e exploração;
3. revisar a literatura básica sobre aplicação de MPC na indústria do petróleo;
4. revisar artigos especializados sobre modelagem das unidades de tratamento de óleo;
5. propor e implementar um cenário de simulação;
6. estudar, propor, implementar e testar o sistema de controle MPC no cenário de simulação.
7. implementar e testar o sistema de controle em hardware in the loop.
8. escrita da dissertação; e
9. defesa.

**Ferramentas de Desenvolvimento:** Matlab; compiladores C/C++ e Java; simulador AspenTech HYSIS; simulador de processos EMSO. ferramenta de implementação MPA

## 4 Projetos de Pesquisa

A dissertação terá sua pesquisa realizada no âmbito do projeto “*Desenvolvimento de Algoritmos de Controle Preditivo Não Linear para Plataformas de Produção de Petróleo: Fase 2*” que foi aprovado pela UFSC e CENPES-Petrobras e iniciou as atividades em Janeiro de 2018. Durante a fase anterior do projeto foram publicados artigos e dissertações de mestrado relacionados a modelagem e controle avançado de sistemas de compressão ([21],[12],[13],[14],[11]), performance de algoritmos MPC não lineares ([22]), MPC econômico ([18],[19]), MPC robusto ([5]), estimação de parâmetros ([9]), técnicas de integração ([16],[17]), desenvolvimento de software ([8],[4]) e utilizando *model driven engineering* ([6]).

## Bibliografia de Referência

- [1] K.J. Aström and T. Hägglund. *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*. Instrument Society of America, 1995.
- [2] T.A. Badgwell and S.J. Qin. *Nonlinear Predictive Control*, chapter Review of Nonlinear Model Predictive Control Applications. IEE Control Engineering series, 2001.
- [3] E.F. Camacho and C. Bordons. *Model Predictive Control*. Springer, Berlin, 2004.
- [4] Murilo Ramos Carraro. Ferramenta para geração de telas de supervisão. Projeto de fim de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- [5] Rodrigo da Silva Gesser. Controle preditivo robusto: Análise comparativa e problemas de implementação. Master’s thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- [6] Thaise Poerschke Damo. Engenharia baseada em modelos para aplicações de simulação, controle e operação de plantas na indústria petroquímica. Master’s thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- [7] P. Deshpande and R. Ash. *Elements of Computer Process Control*. ISA, USA, 1981.
- [8] Gustavo Kerezi. Gerador de código para definição de classes de equipamentos. Projeto de fim de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- [9] Bruno Lima. Economic model predictive control and optimal estimation for nonlinear systems. Master’s thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- [10] A. Plucenio, D. J. Pagano, E. Camponogara, A. Traple, and A. Teixeira. Gas-lift optimization and control with nonlinear mpc. *International Symposium on Advanced Control of Chemical Process-ADCHEM 2009*, 2009.
- [11] Agostinho Plucenio, Julio E. Normey-Rico and Carolina Vettorazzo, Mario Campos, and Marcelo Lima. Mpc advanced control of an offshore gas compression system. In *Offshore Technology Conference*, 2017.
- [12] Agostinho Plucenio, Carolina Vettorazzo, Mario M Campos, and Marcelo Lima. Advanced control applied to a gas compression station of a production platform. In *XXI Congresso Brasileiro de Automática - CBA*, 2016.
- [13] Agostinho Plucenio, Carolina Vettorazzo, Bryant Picon, Mario M. Campos, Marcelo, and Lima. Modeling and control of an oil platform gas compression station. In *XXI Congresso Brasileiro de Automática - CBA*, 2016.

- [14] Agostinho Plucenio, Carolina Vettorazzo, Julio Normey Rico, Mario Campos, Marcelo Lima, Leonardo Ribeiro, and Marcos Rosa. Controle preditivo multivariável para o sistema de compressão das plataformas do pré-sal. In *5º Congresso de Instrumentação, Controle e Automação da Petrobras*, 2017.
- [15] S.J. Qin and T.A. Badgwell. An overview of industrial model predictive control technology. in chemical process control: Assessment and new directions for research. In *AIChE Symposium Series 316, 93*. Jeffrey C. Kantor, Carlos E. Garcia and Brice Carnahan Eds. 232-256, 1997.
- [16] João Marcelo Romano. Integração numérica eficiente em controle avançado de processos: Aplicação em um sistema de compressão de gás. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- [17] João Marcelo Romano, Agostinho Plucenio, Julio E. Normey-Rico, Mario M. Campos, and Marcelo Lima. A semi-implicit dae solver applied to a stiff gas compression system. In *25º Congresso Argentino De Control Automático - AADECA*, 2016.
- [18] Rafael Sartori. Controle preditivo econômico aplicação a uma unidade de processamento de gás natural. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- [19] Rafael Sartori, Julio E. Normey-Rico, Mario M. Campos, and Marcelo Lima. Mpc control of a compression unit in an off-shore petroleum platform. In *25º Congresso Argentino De Control Automático - AADECA*, 2016.
- [20] H. Takatsu, T. Itoh, and M. Araki. Future needs for the control theory in industries. report and topics of the control technology survey in japanese industry. *Journal of Process Control*, 8:369–374, 1998.
- [21] Carolina Maia Vettorazzo. Model predictive control of gas compression station in off-shore production platforms. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- [22] Bryant Bruce Picon Yang. Contribuições aos algoritmos pnmpe e dmc com passo de estabilidade. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.