

MINICURSO DE SIMULADOR EMSO

Dia 1: Modelagem e Simulação de Processos

Rodolfo Rodrigues, Eng MSc

Doutorando em Engenharia Química
PPGEQ/UFRGS
rodolfo@enq.ufrgs.br

XVI COREEQ
Curitiba, Paraná
17–18 de julho de 2011



Simulador EMSO



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrpe.br/alsoc



Simulador EMSO

- **EMSO** é a sigla para **E**nvironment for **M**odeling, **S**imulation and **O**ptimization.
- Desenvolvimento iniciado em 2001, escrito em C++.
- Multiplataforma: disponível para *Windows* e *Linux* (32 bits).
- Modelos são escritos em uma linguagem de modelagem.
- Sistema baseado em equações.
- Computacionalmente eficiente para simulações estacionárias e dinâmicas.
- Para aprimoramento do sistema, em 2005, iniciou-se o **Projeto ALSOC**. www.eng.ufrgs.br/alsoc



Aplicações Industriais Realizadas

Modelagem e simulação dos seguintes sistemas:

- Coluna deisobutanizadora - UGAV/RPBC, Cubatão-SP.
- Coluna separadora tolueno, etil-benzeno e estireno, Innova-RS.
- Coluna depropenizadora, Braskem UNIB-RS.
- Reator de polimerização de alta pressão discretizado no espaço da Braskem PE-4, Triunfo-RS.
- Coluna depropenizadora REFAP com comunicação com SDCD via OPC, Canoas-RS.



Aplicações Industriais Realizadas

Modelagem e simulação dos seguintes sistemas:

- Tratamento biológico de efluentes da REFAP com estimação de parâmetros, Canoas-RS.
- Reator de polimerização Innova-RS.
- Coluna de recuperação de n-hexano do processo de polimerização, Braskem, Camaçari-BA.
- Coluna de destilação da unidade de gás natural, Petrobras, Catu-BA.
- Inferência dinâmica em colunas de destilação para uma unidade de processamento de gás natural com modelo fenomenológico.



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Histórico

- 2000** Início do desenvolvimento do EMSO: trabalho de mestrado de *Rafael de Pelegrini Soares* sob orientação do *Prof. Argimiro Resende Secchi*.
- 2001** Primeiras versões operacionais do simulador EMSO.
- 2003** Proposta de formação de consórcio de Empresas e Universidades.
- 2004** Proposta ao CT-PETRO / FINEP.
- 2005** Início do Projeto ALSOC 1, recursos de R\$ 700 mil (45% FINEP e 55% Empresas).
- 2007** Início do Projeto ALSOC 2, recursos de R\$ 1,2 milhões (65% FINEP e 35% Empresas).



Projeto ALSOC



Motivação

- Os trabalhos acadêmicos na área de modelagem, simulação, controle e otimização de processos possuem **grande impacto econômico e tecnológico**.
- Tais trabalhos carecem de um **ambiente comum** para sua execução, sendo muito comum que cada grupo de pesquisa utilize suas próprias ferramentas computacionais para desenvolver seus trabalhos.
- Muitos trabalhos acabam sendo **restritos e específicos** sendo difícil sua extensão para outros processos e a reutilização dos modelos e rotinas desenvolvidas.



Motivação

- Os trabalhos acadêmicos na área de modelagem, simulação, controle e otimização de processos possuem **grande impacto econômico e tecnológico**.
- Tais trabalhos carecem de um **ambiente comum** para sua execução, sendo muito comum que cada grupo de pesquisa utilize suas próprias ferramentas computacionais para desenvolver seus trabalhos.
- Muitos trabalhos acabam sendo **restritos e específicos** sendo difícil sua extensão para outros processos e a reutilização dos modelos e rotinas desenvolvidas.



Motivação

- Os trabalhos acadêmicos na área de modelagem, simulação, controle e otimização de processos possuem **grande impacto econômico e tecnológico**.
- Tais trabalhos carecem de um **ambiente comum** para sua execução, sendo muito comum que cada grupo de pesquisa utilize suas próprias ferramentas computacionais para desenvolver seus trabalhos.
- Muitos trabalhos acabam sendo **restritos e específicos** sendo difícil sua extensão para outros processos e a reutilização dos modelos e rotinas desenvolvidas.



Objetivos

- Desenvolvimento de um ambiente integrado de síntese, modelagem, simulação, controle e otimização de processos, com características de **modularidade**, **reutilização** e **interfaceamento padrão**.
- Propiciar uma interação mais efetiva entre **universidades** e **empresas** pelo uso de uma ferramenta comum, facilitando a transferência de tecnologias.



Objetivos

- Desenvolvimento de um ambiente integrado de síntese, modelagem, simulação, controle e otimização de processos, com características de **modularidade**, **reutilização** e **interfaceamento padrão**.
- Propiciar uma interação mais efetiva entre **universidades** e **empresas** pelo uso de uma ferramenta comum, facilitando a transferência de tecnologias.



Metas

- Desenvolvimento de um simulador e otimizador estacionário e dinâmico de processos de uso industrial e acadêmico (o **Simulador**).
- Aperfeiçoamento das especificações de uma linguagem de modelagem de processos (a **Linguagem**).
- Desenvolvimento e distribuição de uma biblioteca pública de modelos (a **Biblioteca**).



Metas

- Desenvolvimento de um simulador e otimizador estacionário e dinâmico de processos de uso industrial e acadêmico (o **Simulador**).
- Aperfeiçoamento das especificações de uma linguagem de modelagem de processos (a **Linguagem**).
- Desenvolvimento e distribuição de uma biblioteca pública de modelos (a **Biblioteca**).



Metas

- Desenvolvimento de um simulador e otimizador estacionário e dinâmico de processos de uso industrial e acadêmico (o **Simulador**).
- Aperfeiçoamento das especificações de uma linguagem de modelagem de processos (a **Linguagem**).
- Desenvolvimento e distribuição de uma biblioteca pública de modelos (a **Biblioteca**).



Metas

- Desenvolvimento de um simulador e otimizador estacionário e dinâmico de processos de uso industrial e acadêmico (o **Simulador**).
- Aperfeiçoamento das especificações de uma linguagem de modelagem de processos (a **Linguagem**).
- Desenvolvimento e distribuição de uma biblioteca pública de modelos (a **Biblioteca**).



Alguns Números

- Participantes: Aproximadamente 50 (participantes de Universidades e Indústrias).
- Publicações: Aproximadamente 80 (e aumentando).
- Orçamento: Aproximadamente R\$ 2 milhões.



Entidades Participantes

Universidades

UFRGS

COPPE/UFRJ

USP

Mackenzie

UFBA

Empresas

Petrobras

Braskem

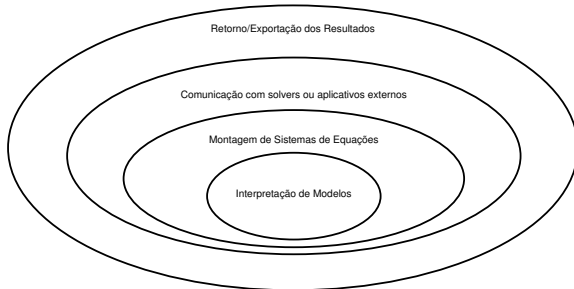
Innova

REFAP



Simulador EMSO

Funcionamento



O simulador EMSO pode ser pensado como um servidor de modelos matemáticos, disponibilizando-os para rotinas de cálculo externas atuarem sob os mesmos. Alguns cálculos são integralmente realizados pelo simulador.

Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Linguagem de descrição de modelos voltadas à objetos.
- Interpretador de linguagem.
- Sistemas de *plug-in's* e *solvers* externos.
- Avaliação da consistência de unidades dimensionais.
- Avaliação dos graus de liberdade do sistema de equações.
- Inicialização de DAE.
- Resolução de problema de índice diferencial.
- Detecção de eventos.
- Linearização de modelos em espaço de estado.
- Vasta biblioteca de modelos, aberta e personalizável.



Algumas funcionalidades

- Motor de cálculo com suporte à álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Modelagem também pode ser realizada por diagrama de blocos.
- Exportação de resultados para *MS Excel 2003*, *OpenOffice/LibreOffice Calc*, *Matlab* e *Scilab*.
- Sistema de documentação automática dos modelos.
- Pacote termodinâmico.



Algumas funcionalidades

- Motor de cálculo com suporte à álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Modelagem também pode ser realizada por diagrama de blocos.
- Exportação de resultados para *MS Excel 2003*, *OpenOffice/LibreOffice Calc*, *Matlab* e *Scilab*.
- Sistema de documentação automática dos modelos.
- Pacote termodinâmico.



Algumas funcionalidades

- Motor de cálculo com suporte à álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Modelagem também pode ser realizada por diagrama de blocos.
- Exportação de resultados para *MS Excel 2003*, *OpenOffice/LibreOffice Calc*, *Matlab* e *Scilab*.
- Sistema de documentação automática dos modelos.
- Pacote termodinâmico.



Algumas funcionalidades

- Motor de cálculo com suporte à álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Modelagem também pode ser realizada por diagrama de blocos.
- Exportação de resultados para *MS Excel 2003*, *OpenOffice/LibreOffice Calc*, *Matlab* e *Scilab*.
- Sistema de documentação automática dos modelos.
- Pacote termodinâmico.



Algumas funcionalidades

- Motor de cálculo com suporte à álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Modelagem também pode ser realizada por diagrama de blocos.
- Exportação de resultados para *MS Excel 2003*, *OpenOffice/LibreOffice Calc*, *Matlab* e *Scilab*.
- Sistema de documentação automática dos modelos.
- Pacote termodinâmico.



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFPR



Módulos

- Simulação estacionária e dinâmica.
- Otimização NLP e MINLP.
- Estimação de parâmetros estática e dinâmica.
- Reconciliação de dados.
- Estudo de caso e análise de sensibilidade.
- Integração com Matlab/Simulink e Scilab/Scicos.
- Módulo de comunicação OPC.
- Interface de comunicação CAPE-OPEN.
- Exportação de modelos para NMPC formato BRPerfex.
- Equações diferenciais parciais.
- Reconciliação de dados com metodologia Teclim-UFBA.



Em desenvolvimento

- Otimização dinâmica.
- Otimizador com método SQP.
- Análise de incertezas.
- Integração mássica e energética.
- Projeto de sistemas de controle.
- Projeto integrado.
- Simulador de treinamento.
- Planejamento sequencial de experimentos.



EML: EMSO Model Library

- Biblioteca de modelos contendo os principais equipamentos.
- Aberta para visualização e edição dos modelos.
- Criação de novos modelos em uma linguagem de descrição, não requer conhecimentos de programação.
- Distribuída livremente e aberta para contribuições.



EML: EMSO Model Library

- Biblioteca de modelos contendo os principais equipamentos.
- Aberta para visualização e edição dos modelos.
- Criação de novos modelos em uma linguagem de descrição, não requer conhecimentos de programação.
- Distribuída livremente e aberta para contribuições.



EML: EMSO Model Library

- Biblioteca de modelos contendo os principais equipamentos.
- Aberta para visualização e edição dos modelos.
- Criação de novos modelos em uma linguagem de descrição, não requer conhecimentos de programação.
- Distribuída livremente e aberta para contribuições.



EML: EMSO Model Library

- Biblioteca de modelos contendo os principais equipamentos.
- Aberta para visualização e edição dos modelos.
- Criação de novos modelos em uma linguagem de descrição, não requer conhecimentos de programação.
- Distribuída livremente e aberta para contribuições.



Por que uma Biblioteca Aberta?

- O conhecimento de modelagem é distribuído em livros e artigos.
- Resultados são difíceis de reproduzir e/ou estender.
- Uma linguagem de modelagem e uma biblioteca disponível podem acelerar consideravelmente o compartilhamento do conhecimento.



Plug-in's: Propriedades Físicas e Termodinâmicas

- Propriedades Físicas e Termodinâmicas:
 - 1 Disponíveis na forma de correlações ou procedimentos de cálculos.
 - 2 Requerem a disponibilidade de dados.
- Em suma, estas propriedades não são adequadas para descrição direta na forma de equações de igualdade.
- Solução no EMSO: sistema de *Plug-in* que permite que qualquer rotina de computador possa ser utilizada dentro dos modelos.
- A interface de *Plug-in's* é aberta, qualquer pessoa pode implementar um novo *plug-in*.



Plug-in's: Propriedades Físicas e Termodinâmicas

- Propriedades Físicas e Termodinâmicas:
 - 1 Disponíveis na forma de correlações ou procedimentos de cálculos.
 - 2 Requerem a disponibilidade de dados.
- Em suma, estas propriedades não são adequadas para descrição direta na forma de equações de igualdade.
- Solução no EMSO: sistema de *Plug-in* que permite que qualquer rotina de computador possa ser utilizada dentro dos modelos.
- A interface de *Plug-in's* é aberta, qualquer pessoa pode implementar um novo *plug-in*.



Plug-in's: Propriedades Físicas e Termodinâmicas

- Propriedades Físicas e Termodinâmicas:
 - 1 Disponíveis na forma de correlações ou procedimentos de cálculos.
 - 2 Requerem a disponibilidade de dados.
- Em suma, estas propriedades não são adequadas para descrição direta na forma de equações de igualdade.
- Solução no EMSO: sistema de *Plug-in* que permite que qualquer rotina de computador possa ser utilizada dentro dos modelos.
- A interface de *Plug-in's* é aberta, qualquer pessoa pode implementar um novo *plug-in*.



Plug-in's: Propriedades Físicas e Termodinâmicas

- Propriedades Físicas e Termodinâmicas:
 - 1 Disponíveis na forma de correlações ou procedimentos de cálculos.
 - 2 Requerem a disponibilidade de dados.
- Em suma, estas propriedades não são adequadas para descrição direta na forma de equações de igualdade.
- Solução no EMSO: sistema de *Plug-in* que permite que qualquer rotina de computador possa ser utilizada dentro dos modelos.
- A interface de *Plug-in's* é aberta, qualquer pessoa pode implementar um novo *plug-in*.



Plug-in's: Propriedades Físicas e Termodinâmicas

- Propriedades Físicas e Termodinâmicas:
 - 1 Disponíveis na forma de correlações ou procedimentos de cálculos.
 - 2 Requerem a disponibilidade de dados.
- Em suma, estas propriedades não são adequadas para descrição direta na forma de equações de igualdade.
- Solução no EMSO: sistema de *Plug-in* que permite que qualquer rotina de computador possa ser utilizada dentro dos modelos.
- A interface de *Plug-in's* é aberta, qualquer pessoa pode implementar um novo *plug-in*.



Exemplo de *Plug-in*: VRTherm

- Pacote de propriedades físicas e termodinâmicas.
- Banco de dados com mais de 2.000 componentes.
- Principais modelos termodinâmicos: PR, SRK, UNIFAC, etc.
- Todas as propriedades de misturas necessárias para a simulação dinâmica: volume, viscosidade, condutividade térmica, etc.
- *Plug-in* para os principais *softwares*: **EMSO**, Matlab, Scilab e MS Excel.



Solvers Externos

Assim como *plug-in's*, o EMSO permite o uso de qualquer motor de cálculo externo, sendo que esta comunicação deve ser implementada pelo usuário.

Vantagens:

- Uso da linguagem do EMSO.
- Uso das funcionalidades de álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Visualização dos resultados.



Solvers Externos

Assim como *plug-in's*, o EMSO permite o uso de qualquer motor de cálculo externo, sendo que esta comunicação deve ser implementada pelo usuário.

Vantagens:

- Uso da linguagem do EMSO.
- Uso das funcionalidades de álgebra esparsa e diferenciação automática.
- Visualização dos resultados.



Solvers Implementados

- NLA & DAE
 - 1 Sundials (IDA/Sundials)
 - 2 NLA próprio (Newton com amortecimento)
 - 3 DASSL e DASSLC
 - 4 mebfdf
 - 5 psldc
 - 6 dforrt
- Otimizadores
 - 1 Ipopt
 - 2 Complex (poliedros flexíveis)
 - 3 DiRect



EMSO & ALSOC

Presente & Futuro:

- O projeto ALSOC foi oficialmente finalizado em fevereiro de 2010.
- As empresas participantes do consórcio têm acesso ao código-fonte do *software* para a implementação de funcionalidades.
- O simulador EMSO pode ser considerado um *software* finalizado.
- Alguns *bugs* podem ainda ser encontrados devido à complexidade de *software*, porém, atualmente, a manutenção do mesmo exige a parceria com instituições privadas.



EMSO & ALSOC

Presente & Futuro:

- O projeto ALSOC foi oficialmente finalizado em fevereiro de 2010.
- As empresas participantes do consórcio têm acesso ao código-fonte do *software* para a implementação de funcionalidades.
- O simulador EMSO pode ser considerado um *software* finalizado.
- Alguns *bugs* podem ainda ser encontrados devido à complexidade de *software*, porém, atualmente, a manutenção do mesmo exige a parceria com instituições privadas.



EMSO & ALSOC

Presente & Futuro:

- O projeto ALSOC foi oficialmente finalizado em fevereiro de 2010.
- As empresas participantes do consórcio têm acesso ao código-fonte do *software* para a implementação de funcionalidades.
- O simulador EMSO pode ser considerado um *software* finalizado.
- Alguns *bugs* podem ainda ser encontrados devido à complexidade de *software*, porém, atualmente, a manutenção do mesmo exige a parceria com instituições privadas.



Download & Instalação

O simulador **EMSO** se comunica com pacotes de cálculos externos por isso, além de sua instalação é necessária a instalação obrigatoriamente do pacote de propriedades termodinâmicas do **VRTherm**.

- Instruções para baixar o EMSO:

- 1 Vá a página do Projeto ALSOC: [www.alsoc.org.br/alsoc](#)
- 2 Na seção **Downloads**, cadastre seu E-mail em ambos os campos seguido do botão **OK**.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.

- Instruções para baixar o VRTherm:

- 1 Volte no navegador e selecione o *download* do VRTherm.
- 2 Informe nome de **usuário** e **senha** já enviados previamente ao E-mail cadastrado.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.



Download & Instalação

O simulador **EMSO** se comunica com pacotes de cálculos externos por isso, além de sua instalação é necessária a instalação obrigatoriamente do pacote de propriedades termodinâmicas do **VRTherm**.

- Instruções para baixar o EMSO:

- 1 Vá a página do Projeto ALSOC: www.eng.ufrgs.br/alsoc
- 2 Na seção **Downloads**, cadastre seu E-mail em ambos os campos seguido do botão **OK**.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.

- Instruções para baixar o VRTherm:

- 1 Volte no navegador e selecione o *download* do VRTherm.
- 2 Informe nome de **usuário** e **senha** já enviados previamente ao E-mail cadastrado.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.



Download & Instalação

O simulador **EMSO** se comunica com pacotes de cálculos externos por isso, além de sua instalação é necessária a instalação obrigatoriamente do pacote de propriedades termodinâmicas do **VRTherm**.

- Instruções para baixar o EMSO:

- 1 Vá a página do Projeto ALSOC: www.eng.ufrgs.br/alsoc
- 2 Na seção **Downloads**, cadastre seu E-mail em ambos os campos seguido do botão **OK**.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.

- Instruções para baixar o VRTherm:

- 1 Volte no navegador e selecione o *download* do VRTherm.
- 2 Informe nome de **usuário** e **senha** já enviados previamente ao E-mail cadastrado.
- 3 Escolha a plataforma: **Windows** ou **Linux**.
- 4 Escolha a versão mais atual por data.



Instalação

EMSO e VRTherm:

- Ao abrir o arquivo executável, será aberto um assistente de instalação.

Configurando *plug-in*:

- 1 Com EMSO aberto vá em Menu → Config → Plugins.
- 2 Adicione um New Plugin cujo Type é: PP
- 3 No campo File localize a pasta de destino do **VRTherm** e selecione o arquivo `vrpp.dll` (Windows) ou `libvrpp.so` (Linux).

Adicionalmente, novas bibliotecas de modelos podem ser acrescentadas:

- 1 Com EMSO aberto vá em Menu → Config → Libraries.
- 2 Clique no botão Add libraries e localize sua biblioteca personalizada.

Importante

Sempre reinicie o EMSO ao configurar (ou reconfigurar) as bibliotecas de modelos, *solvers* ou *plug-in's*.



Instalação

EMSO e VRTherm:

- Ao abrir o arquivo executável, será aberto um assistente de instalação.

Configurando *plug-in*:

- 1 Com EMSO aberto vá em Menu → Config → Plugins.
- 2 Adicione um New Plugin cujo Type é: PP
- 3 No campo File localize a pasta de destino do **VRTherm** e selecione o arquivo `vrpp.dll` (Windows) ou `libvrpp.so` (Linux).

Adicionalmente, novas bibliotecas de modelos podem ser acrescentadas:

- 1 Com EMSO aberto vá em Menu → Config → Libraries.
- 2 Clique no botão Add libraries e localize sua biblioteca personalizada.

Importante

Sempre reinicie o EMSO ao configurar (ou reconfigurar) as bibliotecas de modelos, *solvers* ou *plug-in's*.



Instalação

EMSO e VRTherm:

- Ao abrir o arquivo executável, será aberto um assistente de instalação.

Configurando *plug-in*:

- 1 Com EMSO aberto vá em `Menu` → `Config` → `Plugins`.
- 2 Adicione um `New Plugin` cujo `Type` é: `PP`
- 3 No campo `File` localize a pasta de destino do **VRTherm** e selecione o arquivo `vrpp.dll` (Windows) ou `libvrpp.so` (Linux).

Adicionalmente, novas bibliotecas de modelos podem ser acrescentadas:

- 1 Com EMSO aberto vá em `Menu` → `Config` → `Libraries`.
- 2 Clique no botão `Add libraries` e localize sua biblioteca personalizada.

Importante

Sempre reinicie o EMSO ao configurar (ou reconfigurar) as bibliotecas de modelos, *solvers* ou *plug-in's*.



Necessidade da Simulação

- **Contenção de despesas (custo & tempo).**
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Necessidade da Simulação

- Contenção de despesas (custo & tempo).
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Necessidade da Simulação

- Contenção de despesas (custo & tempo).
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Necessidade da Simulação

- Contenção de despesas (custo & tempo).
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Necessidade da Simulação

- Contenção de despesas (custo & tempo).
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Necessidade da Simulação

- Contenção de despesas (custo & tempo).
- Processos fortemente integrados com diversos ciclos de massa e energia.
- Necessidade de melhor compreensão de processos cada vez mais complexos (intensificação de processos).
- Otimização e construção de processos otimizados.
- Projetos de sistemas de controle.
- Construção de protótipos virtuais, verificação de projetos, etc.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Experimentos: Mais Razões para Simulação

- Experimentos podem ser utilizados para extrair informações de um processo, entretanto:
 - Podem poluir.
 - Podem ser muito caros.
 - Podem ser muito demorados.
 - Podem ser perigosos.
 - O sistema pode ainda não existir.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Interesse Industrial

- Crescimento contínuo do interesse industrial em pacotes computacionais.
- Interesse impulsionado por:
 - Redução da concentração e volume de emissões.
 - Reprodutibilidade de produtos de alta qualidade.
 - Análises de segurança e risco.
 - Treinamento de operadores.



Uso na Indústria Brasileira

- **Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.**
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Uso na Indústria Brasileira

- Uso de simuladores na indústria brasileira é limitado.
- Limitação no uso se dá por:
 - Falta de treinamento dos engenheiros de processo.
 - Complexidade na construção e análise dos modelos.
 - Alto custo para renovação das licenças anuais.
 - Multinacionais mantêm seus centros de tecnologia no exterior.
 - Heterogeneidade entre os diferentes pacotes comerciais.



Histórico do Desenvolvimento

- Hoje a capacidade computacional dos PC's comporta a simulação de processos com **modelos de alta fidelidade**.
- Esta disponibilidade tem popularizado cada vez mais o uso a nível mundial.
- Embora isto tenha acontecido apenas nos últimos anos os simuladores de processos tem um histórico de desenvolvimento de **mais de 50 anos**.



Histórico do Desenvolvimento

- Hoje a capacidade computacional dos PC's comporta a simulação de processos com **modelos de alta fidelidade**.
- Esta disponibilidade tem popularizado cada vez mais o uso a nível mundial.
- Embora isto tenha acontecido apenas nos últimos anos os simuladores de processos tem um histórico de desenvolvimento de **mais de 50 anos**.



Histórico do Desenvolvimento

- Hoje a capacidade computacional dos PC's comporta a simulação de processos com **modelos de alta fidelidade**.
- Esta disponibilidade tem popularizado cada vez mais o uso a nível mundial.
- Embora isto tenha acontecido apenas nos últimos anos os simuladores de processos tem um histórico de desenvolvimento de **mais de 50 anos**.



Histórico do Desenvolvimento

- Anos 50:
 - M. W. Kellogg. Corp. apresentou o sistema *Flexible Flow*.
- Anos 60:
 - Estima-se a existência de 200 ferramentas diferentes (simuladores próprios nas grandes empresas).
- Anos 70:
 - Início de projeto de *software* que se transformaram em aplicativos comerciais.
Ex.: ***Advanced System for Process Engineering (ASPEN)***
Project desenvolvido no MIT que se tornou a empresa *AspenTech*.
- Anos 80-90:
 - Novos conceitos, interfaces gráficas amigáveis.
 - Novas linguagens de programação.
 - Algoritmos numéricos mais poderosos.



Histórico do Desenvolvimento

- Anos 50:
 - M. W. Kellogg. Corp. apresentou o sistema *Flexible Flow*.
- Anos 60:
 - Estima-se a existência de 200 ferramentas diferentes (simuladores próprios nas grandes empresas).
- Anos 70:
 - Início de projeto de *software* que se transformaram em aplicativos comerciais.
Ex.: *Advanced System for Process Engineering (ASPEN) Project* desenvolvido no MIT que se tornou a empresa *AspenTech*.
- Anos 80-90:
 - Novos conceitos, interfaces gráficas amigáveis.
 - Novas linguagens de programação.
 - Algoritmos numéricos mais poderosos.



Histórico do Desenvolvimento

- Anos 50:
 - M. W. Kellogg. Corp. apresentou o sistema *Flexible Flow*.
- Anos 60:
 - Estima-se a existência de 200 ferramentas diferentes (simuladores próprios nas grandes empresas).
- Anos 70:
 - Início de projeto de *software* que se transformaram em aplicativos comerciais.
Ex.: **Advanced System for Process Engineering (ASPEN)**
Project desenvolvido no MIT que se tornou a empresa *AspenTech*.
- Anos 80-90:
 - Novos conceitos, interfaces gráficas amigáveis.
 - Novas linguagens de programação.
 - Algoritmos numéricos mais poderosos.

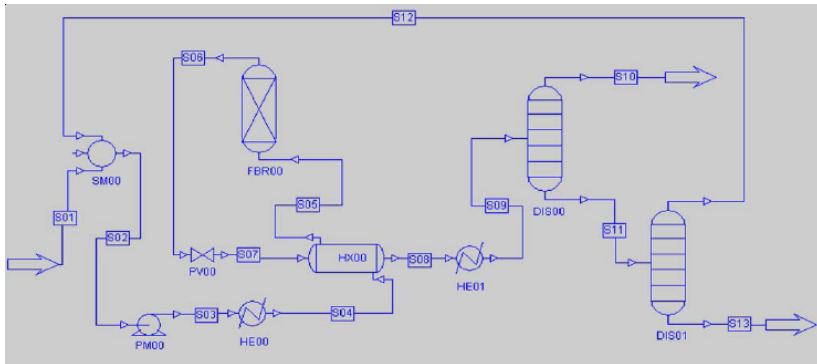


Histórico do Desenvolvimento

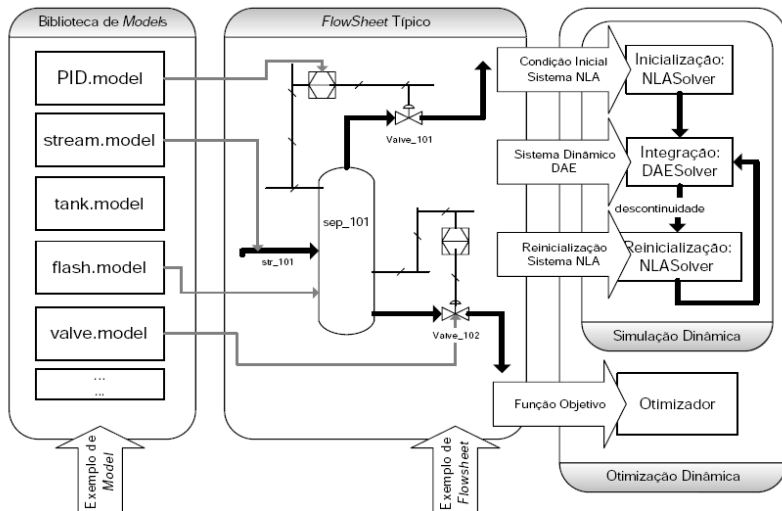
- Anos 50:
 - M. W. Kellogg. Corp. apresentou o sistema *Flexible Flow*.
- Anos 60:
 - Estima-se a existência de 200 ferramentas diferentes (simuladores próprios nas grandes empresas).
- Anos 70:
 - Início de projeto de *software* que se transformaram em aplicativos comerciais.
Ex.: **A**dvanced **S**ystem for **P**rocess **E**ngineering (**ASPEN**)
Project desenvolvido no MIT que se tornou a empresa *AspenTech*.
- Anos 80-90:
 - Novos conceitos, interfaces gráficas amigáveis.
 - Novas linguagens de programação.
 - Algoritmos numéricos mais poderosos.



Simuladores Modulares



Simuladores Baseados em Equações



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimação de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Simuladores Baseados em Equações: Vantagens

- Utilizando um mesmo conjunto de modelos é possível executar diversas tarefas diferentes:
 - Simulações estacionárias.
 - Simulações dinâmicas.
 - Estimacão de parâmetros.
 - Reconciliação de dados.
 - Otimização estacionária.
 - Otimização dinâmica.
 - Projeto de equipamentos.
 - Projeto de sistemas de controle.
 - Análise de processos.
- Os modelos podem ser visualizados, modificados ou ampliados.



Cenário Atual

- Ferramentas de simulação são produzidas por empresas especializadas.
- Sistemas modulares ainda dominam o mercado.
- Movimento na direção de ferramentas orientadas a equações.
- Hoje nos deparamos com problemas altamente acoplados envolvendo muitas vezes mais do que 100 mil equações.



Cenário Atual

- Ferramentas de simulação são produzidas por empresas especializadas.
- Sistemas modulares ainda dominam o mercado.
- Movimento na direção de ferramentas orientadas a equações.
- Hoje nos deparamos com problemas altamente acoplados envolvendo muitas vezes mais do que 100 mil equações.



Cenário Atual

- Ferramentas de simulação são produzidas por empresas especializadas.
- Sistemas modulares ainda dominam o mercado.
- Movimento na direção de ferramentas orientadas a equações.
- Hoje nos deparamos com problemas altamente acoplados envolvendo muitas vezes mais do que 100 mil equações.



Cenário Atual

- Ferramentas de simulação são produzidas por empresas especializadas.
- Sistemas modulares ainda dominam o mercado.
- Movimento na direção de ferramentas orientadas a equações.
- Hoje nos deparamos com problemas altamente acoplados envolvendo muitas vezes mais do que 100 mil equações.



Modelagem Orientada a Objetos (MOO)

A linguagem de modelagem do EMSO contempla alguns conceitos da programação orientada a objetos, tais como:

- **Composição:** Criação de modelos a partir de sub-modelos.
Ex: Colunas de destilação.
- **Herança:** Reutilização de código.
Ex: Tanque de nível e CSTR.



Modelagem Orientada a Objetos (MOO)

A linguagem de modelagem do EMSO contempla alguns conceitos da programação orientada a objetos, tais como:

- **Composição:** Criação de modelos a partir de sub-modelos.
Ex: Colunas de destilação.
- **Herança:** Reutilização de código.
Ex: Tanque de nível e CSTR.



Modelagem Orientada a Objetos (MOO)

A linguagem de modelagem do EMSO contempla alguns conceitos da programação orientada a objetos, tais como:

- **Composição:** Criação de modelos a partir de sub-modelos.
Ex: Colunas de destilação.
- **Herança:** Reutilização de código.
Ex: Tanque de nível e CSTR.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Modelagem: Conceitos

- Um modelo é *algo* que tenta imitar o comportamento de um objeto ou processo ao se executar *experimentos*.
- Existem diversos tipos de modelos, alguns são:
 - **Físico:** um objeto real que imita o comportamento de outro (normalmente em escalas menores).
 - **Matemático:** descrição do comportamento do sistema através de relações matemáticas.
- **Simulação:** um experimento executado em um modelo.
- Um modelo matemático é composto por:
 - **Variáveis:**
 - *de estado:* determinam o comportamento do sistema.
 - *a determinar.*
 - *especificadas:* variáveis conhecidas.
 - **Parâmetros:** dimensões geométricas e outras propriedades do processo, geralmente conhecidos.
 - **Equações:** expressões matemáticas que relacionam as variáveis e parâmetros do modelo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:
$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$
- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
 - De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:
$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$
 - O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
 - Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:
$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$
- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:
$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$
- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:

$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$

- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:

$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$

- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:
$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$
- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de um Modelo

- Equações regem o comportamento do modelo:
 - Leis fundamentais da conservação: massa, energia e quantidade de movimento.
 - Termodinâmica (equilíbrio de fases).
 - Equações constitutivas e correlações.
- De forma geral considera-se um determinado volume de controle, onde:

$$\boxed{\text{Entra}} - \boxed{\text{Sai}} + \boxed{\text{Gerado}} = \boxed{\text{Acúmulo}}$$

- O acúmulo dá a característica dinâmica do modelo e será o termo onde a derivada com relação ao tempo $\frac{d}{dt}$ aparecerá.
- Modelos estacionários **não** consideram o acúmulo.



Equações de Igualdade

- Em um modelo, as equações representam uma igualdade.
- Em geral, as linguagens de programação não suportam equações de igualdade:
 - A expressão $i = i + 1$ é válida em todas as linguagens de programação mas é um absurdo em termos de igualdade.
- Uma boa ferramenta de modelagem deve suportar expressões de igualdade sem limitações de formato (por exemplo: sem a necessidade de isolar as expressões).



Equações de Igualdade

- Em um modelo, as equações representam uma igualdade.
- Em geral, as linguagens de programação não suportam equações de igualdade:
 - A expressão $i = i + 1$ é válida em todas as linguagens de programação mas é um absurdo em termos de igualdade.
- Uma boa ferramenta de modelagem deve suportar expressões de igualdade sem limitações de formato (por exemplo: sem a necessidade de isolar as expressões).



Equações de Igualdade

- Em um modelo, as equações representam uma igualdade.
- Em geral, as linguagens de programação não suportam equações de igualdade:
 - A expressão $i = i + 1$ é válida em todas as linguagens de programação mas é um absurdo em termos de igualdade.
- Uma boa ferramenta de modelagem deve suportar expressões de igualdade sem limitações de formato (por exemplo: sem a necessidade de isolar as expressões).



Equações de Igualdade

- Em um modelo, as equações representam uma igualdade.
- Em geral, as linguagens de programação não suportam equações de igualdade:
 - A expressão $i = i + 1$ é válida em todas as linguagens de programação mas é um absurdo em termos de igualdade.
- Uma boa ferramenta de modelagem deve suportar expressões de igualdade sem limitações de formato (por exemplo: sem a necessidade de isolar as expressões).



Graus de Liberdade

- Graus de liberdade: diferença entre o **número de equações** e o **número de variáveis**.
- Um modelo só pode ser resolvido quando o número de graus de liberdade é **zero**.
- O número de graus de liberdade pode ser reduzido através de especificações.
- Normalmente são especificadas as entradas do processo.



Graus de Liberdade

- Graus de liberdade: diferença entre o **número de equações** e o **número de variáveis**.
- Um modelo só pode ser resolvido quando o número de graus de liberdade é **zero**.
- O número de graus de liberdade pode ser reduzido através de especificações.
- Normalmente são especificadas as entradas do processo.



Graus de Liberdade

- Graus de liberdade: diferença entre o **número de equações** e o **número de variáveis**.
- Um modelo só pode ser resolvido quando o número de graus de liberdade é **zero**.
- O número de graus de liberdade pode ser reduzido através de especificações.
- Normalmente são especificadas as entradas do processo.



Graus de Liberdade

- Graus de liberdade: diferença entre o **número de equações** e o **número de variáveis**.
- Um modelo só pode ser resolvido quando o número de graus de liberdade é **zero**.
- O número de graus de liberdade pode ser reduzido através de especificações.
- Normalmente são especificadas as entradas do processo.



Graus de Liberdade Dinâmicos

- Em modelos dinâmicos, além do número de graus de liberdade existe o número de **graus de liberdade dinâmicos**.
- Graus de liberdade dinâmicos: são o número de estados independentes do processo.
- Estados independentes: conjunto de variáveis que determinam completamente o modelo do processo.
- Na maioria dos casos o número de graus de liberdade dinâmicos é igual ao número de equações diferenciais.
- Para iniciar uma simulação dinâmica, devem ser fornecidas **condições iniciais** em um número igual ao de graus de liberdade dinâmicos.



Graus de Liberdade Dinâmicos

- Em modelos dinâmicos, além do número de graus de liberdade existe o número de **graus de liberdade dinâmicos**.
- Graus de liberdade dinâmicos: são o número de estados independentes do processo.
- Estados independentes: conjunto de variáveis que determinam completamente o modelo do processo.
- Na maioria dos casos o número de graus de liberdade dinâmicos é igual ao número de equações diferenciais.
- Para iniciar uma simulação dinâmica, devem ser fornecidas **condições iniciais** em um número igual ao de graus de liberdade dinâmicos.



Graus de Liberdade Dinâmicos

- Em modelos dinâmicos, além do número de graus de liberdade existe o número de **graus de liberdade dinâmicos**.
- Graus de liberdade dinâmicos: são o número de estados independentes do processo.
- Estados independentes: conjunto de variáveis que determinam completamente o modelo do processo.
- Na maioria dos casos o número de graus de liberdade dinâmicos é igual ao número de equações diferenciais.
- Para iniciar uma simulação dinâmica, devem ser fornecidas **condições iniciais** em um número igual ao de graus de liberdade dinâmicos.



Graus de Liberdade Dinâmicos

- Em modelos dinâmicos, além do número de graus de liberdade existe o número de **graus de liberdade dinâmicos**.
- Graus de liberdade dinâmicos: são o número de estados independentes do processo.
- Estados independentes: conjunto de variáveis que determinam completamente o modelo do processo.
- Na maioria dos casos o número de graus de liberdade dinâmicos é igual ao número de equações diferenciais.
- Para iniciar uma simulação dinâmica, devem ser fornecidas **condições iniciais** em um número igual ao de graus de liberdade dinâmicos.



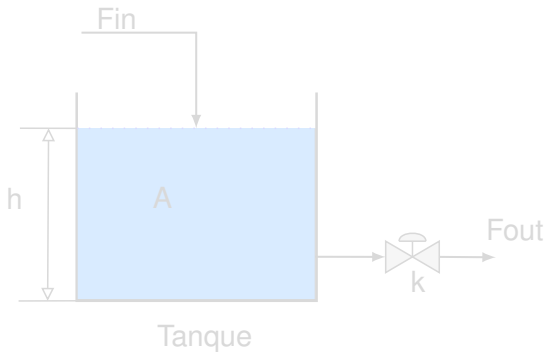
Graus de Liberdade Dinâmicos

- Em modelos dinâmicos, além do número de graus de liberdade existe o número de **graus de liberdade dinâmicos**.
- Graus de liberdade dinâmicos: são o número de estados independentes do processo.
- Estados independentes: conjunto de variáveis que determinam completamente o modelo do processo.
- Na maioria dos casos o número de graus de liberdade dinâmicos é igual ao número de equações diferenciais.
- Para iniciar uma simulação dinâmica, devem ser fornecidas **condições iniciais** em um número igual ao de graus de liberdade dinâmicos.



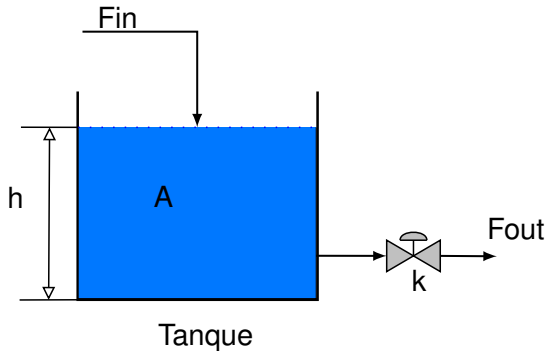
Exemplo de Modelagem de um Tanque

- Considerando o seguinte equipamento:



Exemplo de Modelagem de um Tanque

- Considerando o seguinte equipamento:



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $\boxed{3 \text{ variáveis}} - \boxed{2 \text{ equações}} = \boxed{1}$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $3 \text{ variáveis} - 2 \text{ equações} = 1$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $3 \text{ variáveis} - 2 \text{ equações} = 1$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $3 \text{ variáveis} - 2 \text{ equações} = 1$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $\boxed{3 \text{ variáveis}} - \boxed{2 \text{ equações}} = \boxed{1}$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



Modelo Matemático do Tanque

- Variáveis: F_{in} , F_{out} , h
- Parâmetros: A , k
- Conservação de massa: $\frac{d(hA)}{dt} = F_{in} - F_{out}$
- Equação da válvula: $F_{out} = k\sqrt{h}$
- Graus de Liberdade: $\boxed{3 \text{ variáveis}} - \boxed{2 \text{ equações}} = \boxed{1}$
- Número de condições iniciais = número de estados = número de equações diferenciais = 1



EMSO: Conceitos Básicos

- Processo ou diagrama de processo (**FlowSheet**): Arranjo de equipamentos ou operações unitárias (reatores, colunas de destilação, trocadores de calor, etc).
- Modelo (**Model**): Descrição matemática de uma operação unitária ou equipamento.



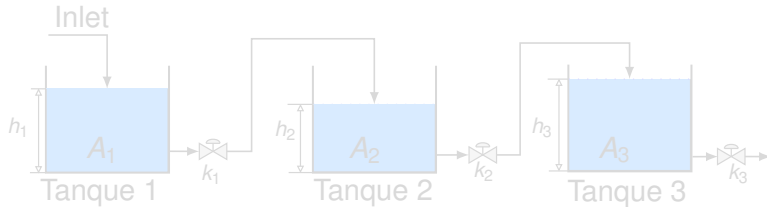
EMSO: Conceitos Básicos

- Processo ou diagrama de processo (**FlowSheet**): Arranjo de equipamentos ou operações unitárias (reatores, colunas de destilação, trocadores de calor, etc).
- Modelo (**Model**): Descrição matemática de uma operação unitária ou equipamento.



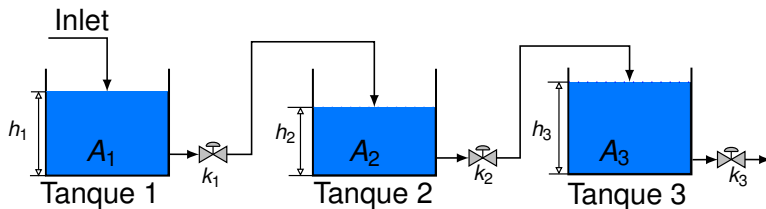
FlowSheet: Diagrama de Processo

Três Tanques em Série:



FlowSheet: Diagrama de Processo

Três Tanques em Série:



FlowSheet: Diagrama de Processo

```
FlowSheet ThreeTank
  VARIABLES
    Feed as flow_vol;

  DEVICES
    Tank1 as tank;
    Tank2 as tank;
    Tank3 as tank;

  CONNECTIONS
    Feed      to Tank1.Fin;
    Tank1.Fout to Tank2.Fin;
    Tank2.Fout to Tank3.Fin;
end
```



Model: Modelo de um Equipamento

- Declaração de **variáveis, parâmetros e equações:**

```
using "types";
```

```
Model tank
```

```
  PARAMETERS
```

```
  k as Real (Brief="Valve Constant", Unit = 'm^2.5/h',  
            Default=4);
```

```
  A as area (Brief="Tank area", Default=2);
```

```
  VARIABLES
```

```
  h as length(Brief="Tank level");
```

```
in Fin as flow_vol(Brief="Input flow");
```

```
out Fout as flow_vol(Brief="Output flow");
```

```
  EQUATIONS
```

```
  "Mass balance"
```

```
  diff(A*h) = Fin - Fout;
```

```
  "Valve equation"
```

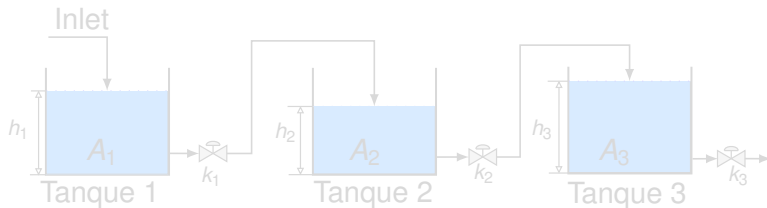
```
  Fout = k*sqrt(h);
```

```
end
```



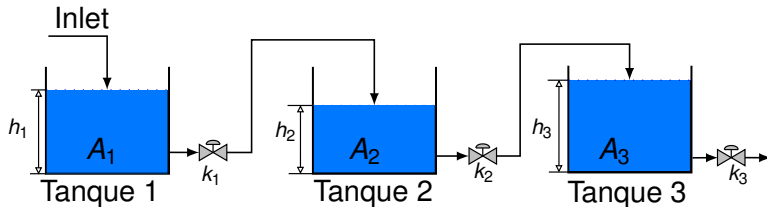
Exercício: Modelagem de Tanques em Série

- Objetivo: construir o modelo para o sistema de 3 tanques em série e executar simulações.




Exercício: Modelagem de Tanques em Série

- Objetivo: construir o modelo para o sistema de 3 tanques em série e executar simulações.




Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de `zero`.




Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de `zero`.




Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de `zero`.




Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de **zero**.




Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de **zero**.



Arquivos & Consistência

- 1 Abrir o arquivo `ThreeTank1.mso` da pasta `tutorial`
 - Este arquivo contém um `FlowSheet`, verificar o `Explorer`.
 - Este arquivo está livre de *problemas*, aba `Problems`.
- 2 Verificar a consistência do `FlowSheet` (graus de liberdade):
 - Selecionar o `FlowSheet` no `Explorer`.
 - Clicar no botão  ou no menu `Tasks` e então em `Check Consistency`.
 - Observar no `Console` que o sistema tem o número de graus de liberdade **diferente** de **zero**.



Fechando os Graus de Liberdade

- 1 Adicionar no final do **FlowSheet** a especificação da vazão de entrada para zerar os graus de liberdade:

SPECIFY

Feed = 10 * 'm³/h';

- 2 Verificar novamente a consistência do **FlowSheet**:
 - Observar no **Console** que o sistema agora tem problemas com o número de graus de liberdade dinâmicos.
- 3 Adicionar no final do **FlowSheet** as condições iniciais:

INITIAL

Tank1.h = 1 * 'm';


Tank2.h = 2 * 'm';

Tank3.h = 1 * 'm';

- 4 Verificar novamente a consistência do **FlowSheet**:
 - Neste ponto o problema está consistente.



Simulação e Resultados

- 1 Com o **FlowSheet** consistente rodar uma simulação:
 - Selecionar o **FlowSheet** no **Explorer** e clicar no botão  ou no menu **Tasks** e então em **Run**.
- 2 Graficar os resultados da simulação:
 - Na aba **Results** dar um duplo clique em uma das variáveis para criar um gráfico com o resultado da simulação.
 - Várias variáveis podem ser adicionadas no mesmo gráfico, sempre com duplo clique.



Opções de Simulação

- 1 Ajustar a escala de tempo da simulação para visualizar toda a dinâmica:
 - Por padrão o tempo de simulação é de 100 segundos.
 - Ajustar o tempo para 2 horas com os seguintes comandos no final do `FlowSheet`:

```
OPTIONS  
TimeStep = 0.1;  
TimeEnd = 2;  
TimeUnit = 'h';
```



Modificando Parâmetros

- 1 Modificar os parâmetros dos equipamentos:
 - Quando nenhum valor é informado para um parâmetro, este assume seu valor `Default` (ver a declaração dos parâmetros do modelo `tank`).
 - Ajustar os valores dos parâmetros dos modelos adicionando, por exemplo:

SET

Tank2.k = 8 * 'm^2.5/h' ;

Tank2.A = 4 * 'm^2' ;

