



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
PTC3418 – Laboratório de Automação

LAB3

Controle de Processo Industrial

Guia de Instalação e Utilização

Simulador da Planta da Unidade de Aquecimento de Água de Alimentação

Sumário

1	Resumo executivo	3
2	Requisitos	3
3	Instalação	3
4	Utilização.....	10
5	Observações.....	14

1 Resumo executivo

Este documento apresenta o **simulador da planta**, isto é, da unidade de aquecimento de água de alimentação (UAAA), que deve ser utilizado em substituição ao processo industrial e o sistema de E/S remota para implementação do sistema de controle em CLP.

Todas as entradas e saídas do simulador (conforme a documentação da UAAA) estão disponíveis através de comunicação Modbus.

2 Requisitos

O simulador é implementado em uma máquina virtual Linux (Debian 10.8), com o uso do hipervisor VirtualBox (versão 6.1.22 ou superior), que é requerido para sua execução. O VirtualBox é disponível para Windows, Mac e Linux.

3 Instalação

Instale o VirtualBox. Opcionalmente instale o “VirtualBox Oracle VM VirtualBox Extension Pack”.

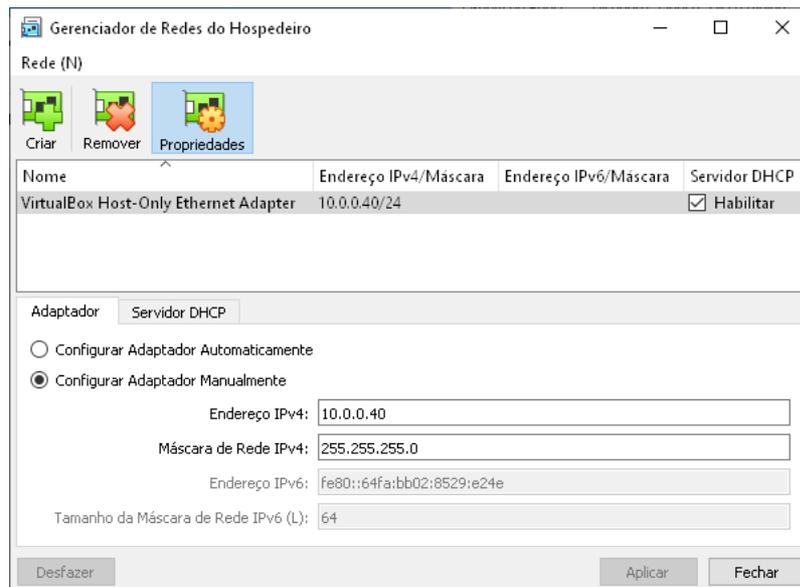
Baixe o arquivo com a máquina virtual do e-disciplinas e descompacte-o na pasta de máquinas virtuais do VirtualBox (e.g. /users/username/VirtualBox VMs).

Nota: A máquina virtual descompactada ocupa aproximadamente 1,5 Gb no disco.

Abra o VirtualBox e efetue a seguinte configuração, caso ela ainda não tenha sido feita:

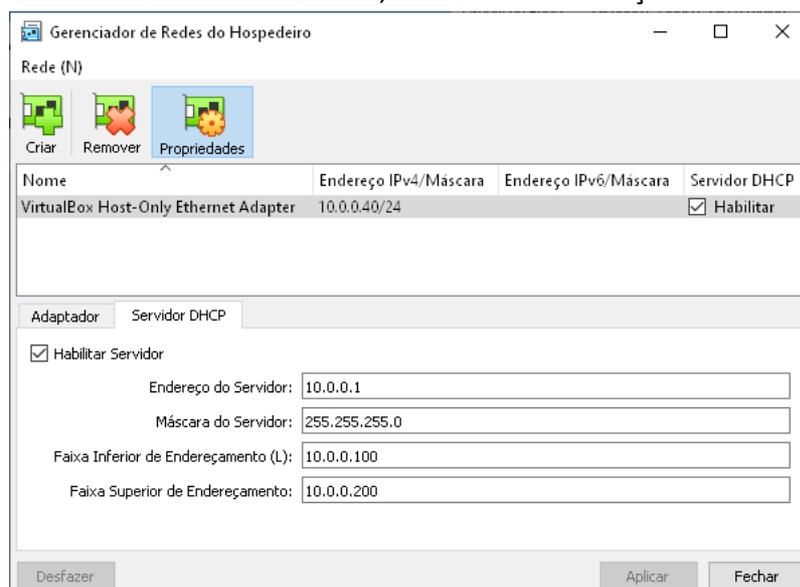
Configuração de rede de hospedeiro (host network manager):

1. Acesse o menu (Arquivo (F) > Host Network Manager).
2. Na janela “Gerenciador de Redes de Hospedeiro” verifique se já há uma entrada na lista (e.g. “VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter”), se houver edite-a e se não houver crie uma nova entrada, usando o botão “Criar”.
3. Edite a aba “Adaptador”, conforme a ilustração abaixo.



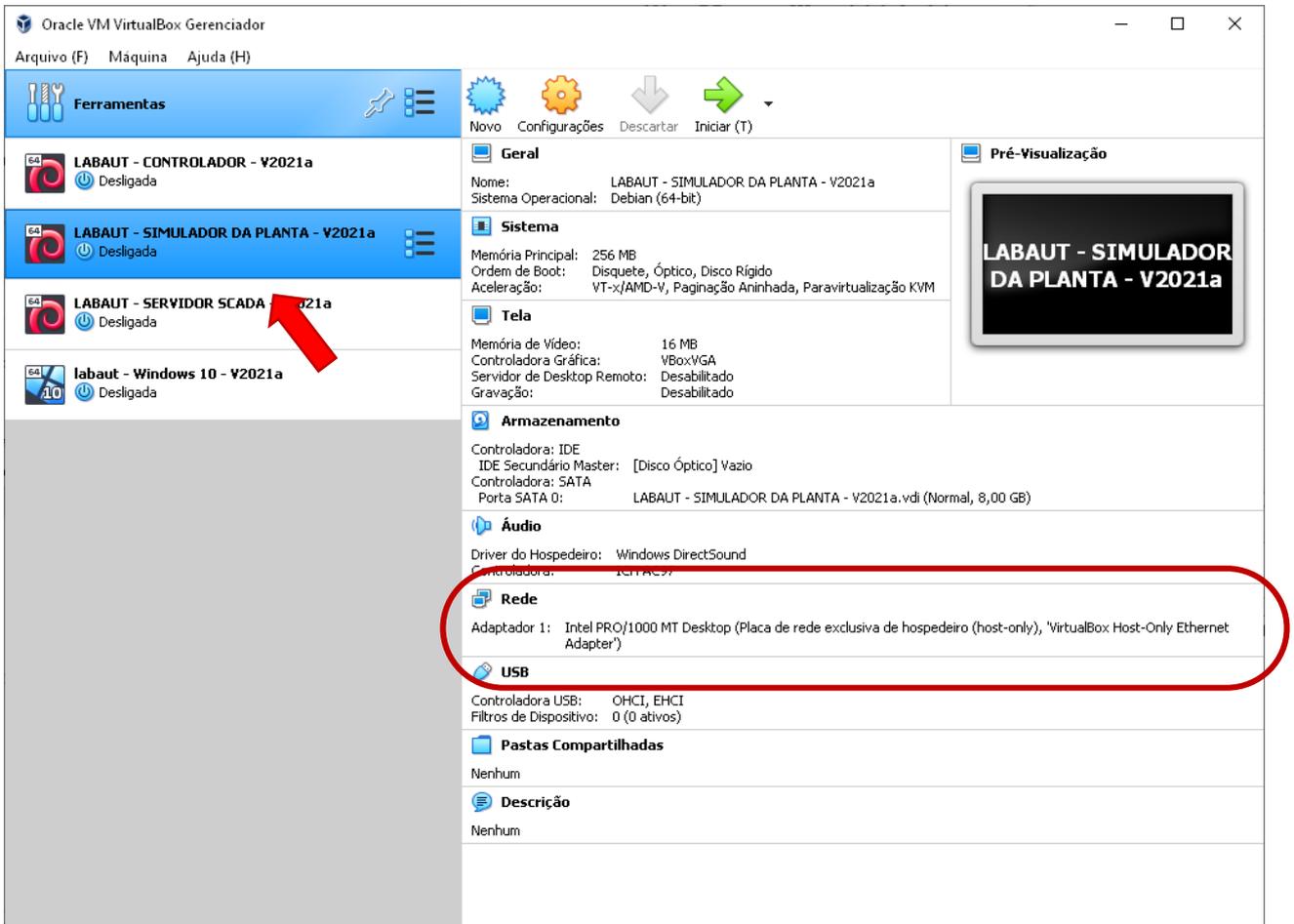
Certifique-se de usar o endereço “10.0.0.40” e máscara “255.255.255.0”.

4. Edite a aba “Servidor DHCP”, conforme a ilustração abaixo.

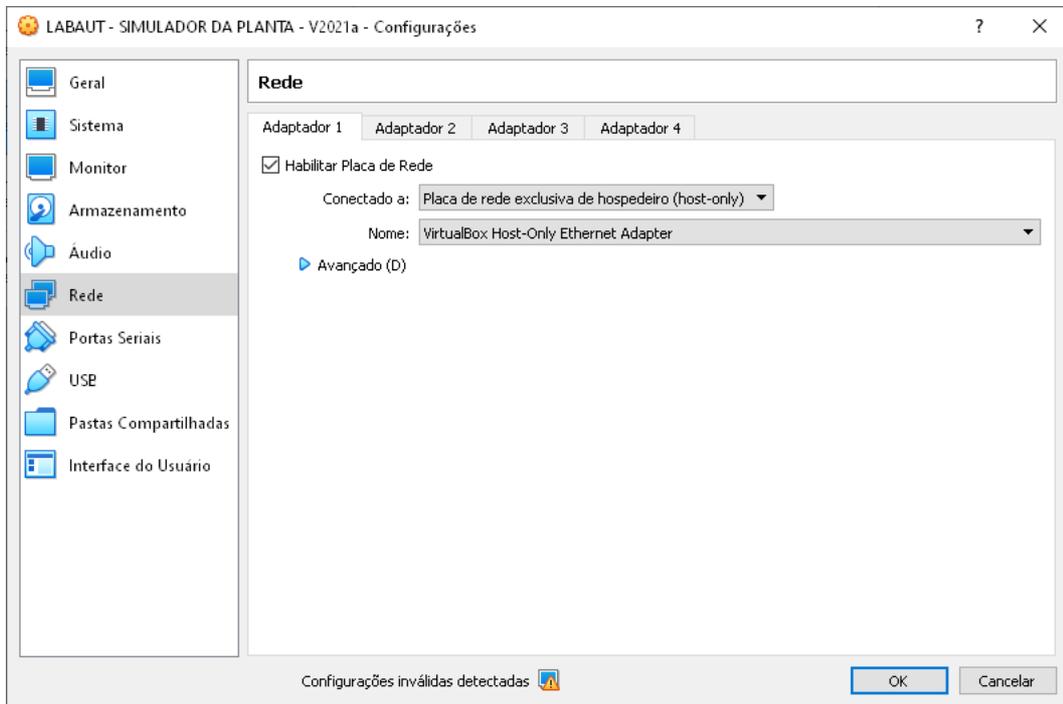


5. Feche a janela.

Em seguida selecione a máquina virtual na lista à esquerda da janela do VirtualBox, conforme a ilustração abaixo, e clique no item “Rede”.



Verifique as configurações de rede são similares às da ilustração abaixo. A placa de rede deve estar habilitada, e conectada a “Placa de rede exclusiva de hospedeiro (host-only)” com o nome configurado anteriormente (e.g. “VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter”). Ao terminar, pressione “OK”



Inicie a máquina virtual, pressionando o botão iniciar, conforme a ilustração abaixo.

The screenshot shows the Oracle VM VirtualBox Manager interface. On the left, a list of virtual machines is shown, with 'LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a' selected. The main area displays the configuration for this VM, including sections for 'Geral', 'Sistema', 'Tela', 'Armazenamento', 'Áudio', 'Rede', 'USB', 'Pastas Compartilhadas', and 'Descrição'. A red arrow points to the 'Iniciar (T)' button in the top toolbar. A 'Pré-Visualização' window is open, showing a preview of the virtual machine's desktop environment with the text 'LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a' displayed.

Oracle VM VirtualBox Gerenciador

Arquivo (F) Máquina Ajuda (H)

Ferramentas

Novo Configurações Descartar Iniciar (T)

LABAUT - CONTROLADOR - V2021a
Desligada

LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a
Desligada

LABAUT - SERVIDOR SCADA - V2021a
Desligada

labaut - Windows 10 - V2021a
Desligada

Geral
Nome: LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a
Sistema Operacional: Debian (64-bit)

Sistema
Memória Principal: 256 MB
Ordem de Boot: Disquete, Óptico, Disco Rígido
Aceleração: VT-x/AMD-V, Paginação Aninhada, Paravirtualização KVM

Tela
Memória de Vídeo: 16 MB
Controladora Gráfica: VBoxVGA
Servidor de Desktop Remoto: Desabilitado
Gravação: Desabilitado

Armazenamento
Controladora: IDE
IDE Secundário Master: [Disco Óptico] Vazio
Controladora: SATA
Porta SATA 0: LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a.vdi (Normal, 8,00 GB)

Áudio
Driver do Hospedeiro: Windows DirectSound
Controladora: ICH AC97

Rede
Adaptador 1: Intel PRO/1000 MT Desktop (Placa de rede exclusiva de hospedeiro (host-only), 'VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter')

USB
Controladora USB: OHCI, EHCI
Filtros de Dispositivo: 0 (0 ativos)

Pastas Compartilhadas
Nenhum

Descrição
Nenhum

Pré-Visualização
LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a

A máquina virtual deve se iniciar e a seguinte janela deve aparecer.

```
LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a [Executando] - Oracle VM VirtualBox
Debian GNU/Linux 10 simulador tty1
#####
##                                     ##
##      PTC3418 - Laboratorio de Automacao      ##
##      SIMULADOR DA PLANTA                    ##
##      V2021a                                 ##
##                                     ##
#####
Endereco IP: 10.0.0.10
#####
Para acessar o sistema operacional (SSH disponivel):

  login: labaut
  senha: labaut

Para carregar as condicoes iniciais no servidor Modbus local
antes de cada simulacao:

  $ ./uaaa_init

Para iniciar a simulacao:

  $ ./uaaa_runtime_30min (por 30min, salva arquivo de dados)
ou
  $ ./uaaa_runtime_inf (loop infinito, com perturbacoes)
  $ ./uaaa_runtime_estac (loop infinito, sem perturbacoes)

  (use CTRL+C para interromper a simulacao).
#####
simulador login:
```

Para verificar se a máquina virtual está devidamente conectada à rede virtual 10.0.0.0/24, execute os seguintes passos:

Teste de conexão à rede virtual:

1. Abra um terminal no Windows e execute o comando

```
ping 10.0.0.10
```

que deve produzir uma resposta do tipo

```
Disparando 10.0.0.10 com 32 bytes de dados:  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo=1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

Estatísticas do Ping para 10.0.0.10:

```
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de  
            perda),  
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:  
    Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Média = 0ms
```

Caso o comando falhe, isso é uma indicação de que a máquina host não consegue acessar a máquina virtual através da rede virtual.

2. Entre na máquina virtual (login: labaut, senha: labaut) e execute o seguinte comando

```
ping 10.0.0.40
```

que deve produzir uma resposta similar.

Caso o comando falhe, isso é uma indicação de que a máquina virtual não consegue acessar a máquina host através da rede virtual.

4 Utilização

Ao se iniciar, a máquina virtual dispara um servidor (escravo) Modbus, carregado com as condições iniciais de entradas e saídas nos respectivos endereços, conforme a documentação da UAAA. O servidor Modbus pode ser acessado no endereço IP 10.0.0.10 e porta 1502.

O funcionamento do servidor Modbus pode ser verificado seguindo-se os seguintes passos:

Teste do servidor Modbus local:

1. Abra o programa Radzio! Modbus Master Simulation e selecione no menu (Connection > Settings) os valores da ilustração abaixo.

Connection settings

Protocol

Modbus RTU Modbus TCP Modbus RTU over TCP/IP

Addressing convention

Register address (starting from 0) Register number (starting from 1)

Modbus RTU

Port: COM2

Baudrate: 115200

Parity: NONE

Stop bits: 1

DTR: Active Inactive

RTS: Active Inactive On TX

Modbus TCP

IP address: 10.0.0.10

TCP port: 1502

General

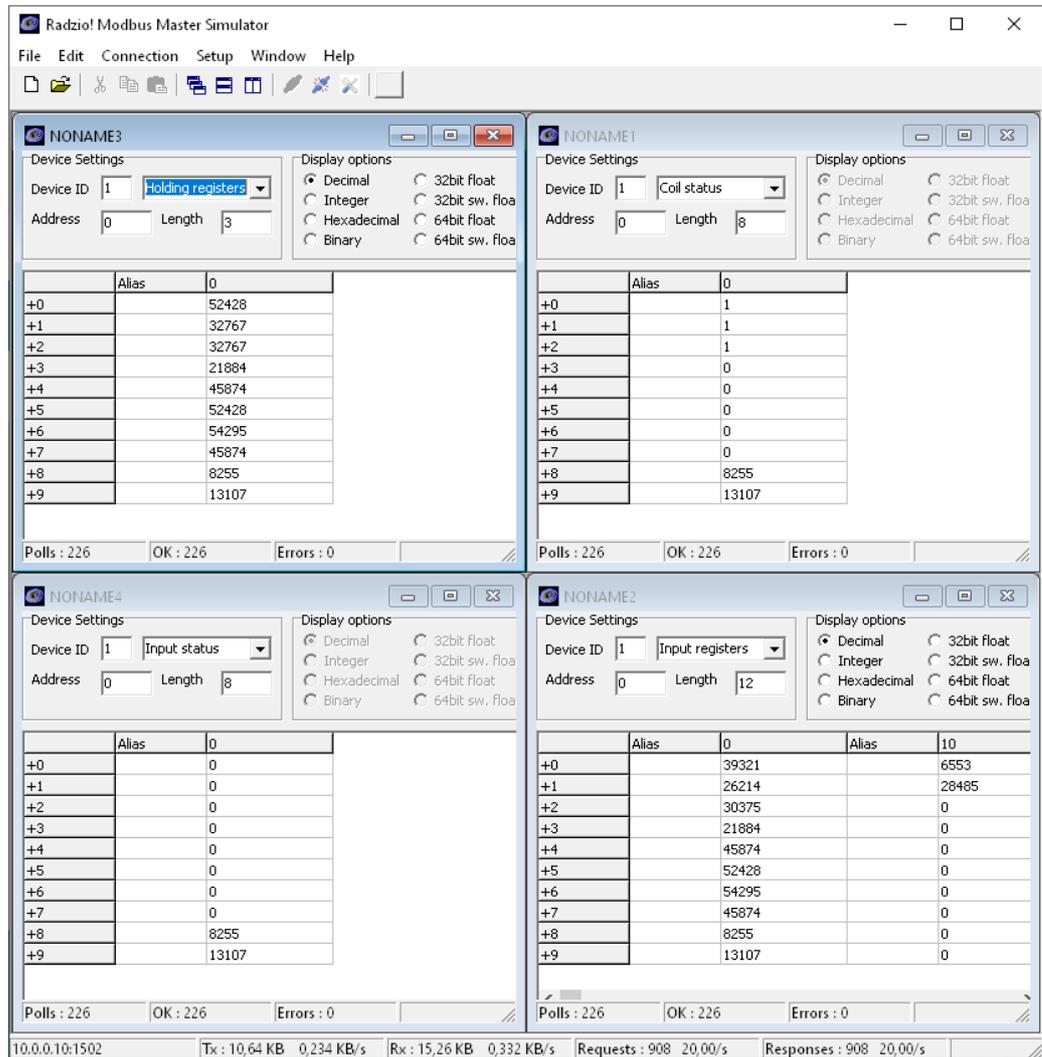
Timeout (ms): 1000

Delay between polls (ms): 10

OK Cancel

2. Acione o menu (Connection > Connect).

- Acione o menu (File > New) quatro vezes e configure as janelas abertas conforme a ilustração abaixo.



Os valores apresentados são as condições iniciais das entradas e saídas da UAAA (e.g. o “Input Register 0000” com valor 39321 se refere ao nível de 6,0 m do TAL, codificado em 16 bits).

O aplicativo Radzio! é uma ferramenta bastante útil para a depuração de erros do projeto e verificação do funcionamento do sistema.

Assim que a máquina virtual é iniciada, as condições iniciais já são carregadas, mas para garantir que posteriormente as simulações iniciem sempre das condições nominais, use o comando

```
./uaaa_init
```

que deve produzir a seguinte resposta:

```
## UAAA_INIT - Inicializacao Modbus
## UAAA_INIT - (c) 2021 EPUSP (todos os direitos reservados)
## UAAA_INIT: Lendo arquivos de dados ... ok
## UAAA_INIT: Conectado com o servidor Modbus local (127.0.0.1:1502).
## UAAA_INIT: Carregados 4 inpcoils, 3 coils, 12 inpregs, 3 holdregs.
## UAAA_INIT: Inicializacao concluida com sucesso.
```

Há três comandos diferentes para iniciar a simulação, conforme a situação:

Comando	Observações
./uaaa_runtime_estac	<p>Simula a planta em tempo real em loop infinito, sem introduzir perturbações na vazão ou temperatura das linhas de água.</p> <p>Este comando é útil para realizar testes preliminares do sistema de controle, em condições brandas de operação.</p> <p>A simulação roda indefinidamente e pode ser interrompida por <CTRL-C>.</p> <p>Nenhum arquivo de dados é gerado.</p>
./uaaa_runtime_inf	<p>Simula a planta em tempo real em loop infinito, introduzindo perturbações na vazão e na temperatura das linhas de água.</p> <p>Este comando é útil para realizar testes finais do sistema de controle, em condições típicas de operação.</p> <p>A simulação roda indefinidamente e pode ser interrompida por <CTRL-C>.</p> <p>Nenhum arquivo de dados é gerado.</p>
./uaaa_runtime_30min	<p>É similar ao comando anterior, com as diferenças importantes de que a simulação é executada por apenas 30 min, ao final dos quais um arquivo de dados</p> <p>uaaa_runtime_30min.mat</p> <p>compatível com o Matlab é gravado no disco da máquina virtual.</p> <p>A simulação pode ser interrompida a qualquer tempo por <CTRL-C>, mas em caso de interrupção o arquivo de dados não é gerado.</p> <p>Este é o comando que deve ser executado quando o projeto estiver concluído para gerar dados para o relatório.</p>

Pode-se acompanhar o andamento da simulação através do terminal da máquina virtual, que imprime periodicamente os valores das entradas e saídas, por exemplo:

```
## UAAA_RUNTIME - V2021a - (c)2021 EPUSP (00:00:15)
## Entradas Digitais:
## AGA_OnOff: 1          AGL_OnOff: 1          BCA_OnOff: 1
## Entradas Analógicas:
## AQC_Pot: 80.00 (%)   BCA_vel: 50.00 (%)   Val_Pos: 50.00 (%)
## Saídas Digitais:
## LSL_010: 0          LSL_040: 0
## LSH_010: 0          LSH_040: 0
## Saídas Analógicas:
## LT_010: 6.00 (m)    LT_040: 3.50 (m)
## TT_020a: 40.00 (C)  TT_050a: 80.00 (C)
## TT_020b: 46.36 (C)  TT_050b: 82.85 (C)
## TT_050c: 69.99 (C)
## FT_030: 50.09 (l/s)  TT_070: 20.00 (C)   PT_080: 0.10 (MPa)
## FT_060: 50.00 (l/s)
## FT_090: 130.29 (l/s)
```

O arquivo de dados gerado pela simulação pode ser transferido para a máquina host através do seguinte procedimento:

Transferência de arquivo da máquina virtual para a máquina host:

1. Abra um terminal no Windows e execute o comando

```
scp labaut@10.0.0.10:./uaaa_runtime_30min.mat .
```

onde:

scp (secure copy) é o comando para copiar arquivos de origem ou destino remotos;

labaut@10.0.0.10: indica o endereço (10.0.0.10) e conta (labaut) a se conectar;

./uaaa_runtime_30min.mat é o arquivo a ser copiado (nome completo **labaut@10.0.0.10:./uaaa_runtime_30min.mat**);

. indica que o arquivo será copiado para a pasta corrente da máquina host.

Caso seja solicitada, a senha do usuário labaut é labaut.

2. Carregue o arquivo no Matlab com o comando

```
>> load uaaa_runtime_30min.mat
```

e verifique que variáveis correspondentes ao tempo de simulação, entradas e saídas são carregadas no *Workspace* (com o prefixo "rt_").

5 Observações

- Ao instalar a máquina virtual, caso o VirtualBox pergunte se a máquina virtual foi copiada ou movida, responda que foi copiada.
- Para desligar a máquina virtual, feche a janela (ícone “X” no canto superior direito) e escolha a opção “Envia o sinal de desligamento” para desliga-la sem danificar o sistema operacional.
- A máquina virtual utiliza o sistema operacional Linux Debian 10.8. Alguns comandos uteis do Linux são os seguintes:

`ls -l` lista os arquivos do diretório corrente;

`ls -l /home/labaut` lista os arquivos do diretório /home/labaut;

`cd ..` muda para o diretório superior (e.g de /home/labaut para /home);

`cd /home/labaut` muda para o diretório /home/labaut;

`sudo [comando]` executa o comando [comando] com privilégios de super usuário (use com extremo cuidado).

`rm ./uaaa_runtime_30min.mat` remove o arquivo uaaa_runtime_30min.mat do diretório corrente.

- É mais conveniente usar o terminal do Linux a partir de um aplicativo de terminal remoto do que a partir da janela da máquina virtual, pois é possível copiar e colar texto ou comandos, recuperar o histórico do terminal, rolar a tela para cima ou para baixo, mudar o tamanho e o tipo das fontes, etc.
Além disso é possível executar diferentes comandos simultâneos a partir de diferentes terminais.
Um aplicativo popular para isso é o PUTTY, disponível em <https://www.putty.org/>.

V2021a (RPM)