

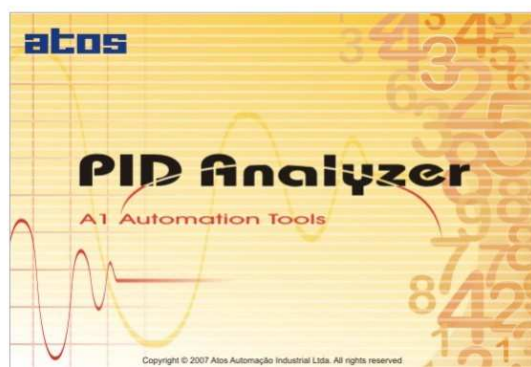
Software de Configuração

# Atos PID Analyzer

MA.010.00-05/10

Manual de utilização

2010





---

Este manual não pode ser reproduzido, total ou parcialmente, sem autorização por escrito da **Schneider Electric**.

Seu conteúdo tem caráter exclusivamente técnico/informativo e a **Schneider Electric** se reserva no direito, sem qualquer aviso prévio, de alterar as informações deste documento.

## Termo de Garantia

A **Schneider Electric Brasil Ltda.** assegura ao comprador deste produto, garantia contra qualquer defeito de material ou de fabricação, que nele apresentar no prazo de 360 dias contados a partir da emissão da nota fiscal de venda.

A **Schneider Electric Brasil Ltda.** restringe sua responsabilidade à substituição de peças defeituosas, desde que o critério de seu Departamento de Assistência Técnica, se constate falha em condições normais de uso. A garantia não inclui a troca gratuita de peças ou acessórios que se desgastem naturalmente com o uso, cabos, chaves, conectores externos e relés. A garantia também não inclui fusível, baterias e memórias regraváveis tipo EPROM.

A **Schneider Electric Brasil Ltda.** declara a garantia nula e sem efeito se este produto sofrer qualquer dano provocado por acidentes, agentes da natureza, uso em desacordo com o manual de instruções, ou por ter sido ligado à rede elétrica imprópria, sujeita a flutuações excessivas, ou com interferência eletromagnética acima das especificações deste produto. A garantia será nula se o equipamento apresentar sinais de ter sido consertado por pessoa não habilitada e se houver remoção e/ou alteração do número de série ou etiqueta de identificação.

A **Schneider Electric Brasil Ltda.** somente obriga-se a prestar os serviços referidos neste termo de garantia em sua sede em São Paulo - SP, portanto, compradores estabelecidos em outras localidades serão os únicos responsáveis pelas despesas e riscos de transportes (ida e volta).

- **Serviço de Suporte Schneider Electric**

A **Schneider Electric** conta com um grupo de técnicos e engenheiros especializados aptos para fornecer informações e posicionamentos comerciais, esclarecer dúvidas técnicas, facilitar e garantir serviços técnicos com qualidade, rapidez e segurança..

Com o objetivo de criar um canal de comunicação entre a **Schneider Electric** e seus usuários, criamos um serviço denominado **AssisT**. Este serviço centraliza as eventuais dúvidas e sugestões, visando a excelência dos produtos e serviços comercializados pela **Schneider Electric**.

Este serviço está permanentemente disponível com uma cobertura horária das 7h30m às 18h, com informações sobre plantão de atendimento técnico durante os fins de semana e feriados, tudo que você precisa fazer é ligar para 0800 7289 110. O AssisT apresentará rapidamente a melhor solução, valorizando o seu precioso tempo.



Para contato com a **Schneider Electric** utilize o endereço e telefones mostrados atrás deste Manual.

# CONVENÇÕES UTILIZADAS

- Títulos de capítulos estão destacados no índice e aparecem no cabeçalho das páginas;
- Palavras em outras línguas são apresentadas em *itálico*, porém algumas palavras são empregadas livremente por causa de sua generalidade e frequência de uso. Como, por exemplo, às palavras software e hardware.

Números seguidos da letra h subscrita (ex:1024<sub>h</sub>) indicam numeração hexadecimal e seguidos da letra b (ex:10<sub>b</sub>), binário. Qualquer outra numeração presente deve ser interpretada em decimal.

- O destaque de algumas informações é dado através de ícones localizados sempre à esquerda da página. Cada um destes ícones caracteriza um tipo de informação diferente, sendo alguns considerados somente com caráter informativo e outros de extrema importância e cuidado. Eles estão identificados mais abaixo:



**NOTA:** De caráter informativo, mostra dicas de utilização e/ou configuração possíveis, ou ressalta alguma informação relevante no equipamento.



**OBSERVAÇÃO:** De caráter informativo, mostra alguns pontos importantes no comportamento / utilização ou configuração do equipamento. Ressalta tópicos necessários para a correta abrangência do conteúdo deste manual.



**IMPORTANTE:** De caráter informativo, mostrando pontos e trechos importantes do manual. Sempre observe e analise bem o conteúdo das informações que são identificadas por este ícone.



**ATENÇÃO:** Este ícone identifica tópicos que devem ser lidos com extrema atenção, pois afetam no correto funcionamento do equipamento em questão, podendo até causar danos à máquina / processo, ou mesmo ao operador, se não forem observados e obedecidos.



## Índice

<b>CAPÍTULO 1 – Algoritmo PID Padrão ISA .....</b>	<b>9</b>
A Equação PID .....	9
Termo proporcional: Ganho (K) x Banda Proporcional (BP) .....	10
Termo Integral: Ganho (Ti) .....	12
Termo Derivativo: tempo Td .....	13
<b>CAPÍTULO 2 – Características Gerais .....</b>	<b>15</b>
Modo direto/reverso .....	15
Anti-reset ou anti-windup .....	17
Modo Manual / Automático .....	17
Zona Morta .....	17
Feedforward – BIAS .....	18
Tempo de amostragem (Dt) .....	18
<b>CAPÍTULO 3 – Programação em Ladder .....</b>	<b>19</b>
Sobre a instrução PID_ISA .....	19
Descrição dos parâmetros .....	20
Exemplo de programação .....	22
Tempo de estabilização .....	23
<b>CAPÍTULO 4 – Software de monitoração .....</b>	<b>25</b>
Atos PID Analyzer .....	25
Descrição da interface com o usuário .....	25
Como começar? .....	26
Configurando a comunicação do Atos PID Analyzer .....	27
Supervisionando o bloco PID_ISA .....	28
Supervisão gráfica .....	30

CAPÍTULO 5 – Sintonia do PID_ISA .....	32
Método Ziegler-Nichols.....	32
Sintonizando o processo via Atos PID Analyzer .....	34



## CAPÍTULO 1 – Algoritmo PID Padrão ISA

### A Equação PID

A equação PID adotada segue o padrão ISA, conforme a equação mostrada abaixo:

$$S = K \cdot \left( e_{(t)} + K_i \cdot \int e dt + T_d \cdot de/dt \right) + \text{BIAS}$$

OU

$$S = K \cdot \left( e_{(t)} + \sum_0^{\infty} K_i \cdot e_{(t)} \cdot \Delta t + T_d \cdot \Delta e / \Delta t \right) + \text{BIAS}$$

sendo:

$$K_i = 1/T_i$$

#### Descrição da nomenclatura utilizada:

- **K** = ganho do sistema, pois multiplica os termos P, I e D;
- **K<sub>i</sub>** = ganho integral;
- **T<sub>d</sub>** = ganho derivativo (tempo do termo Derivativo);
- **dt** = Tempo de amostragem;
- **de** = (Erro atual – Erro anterior);
- **T<sub>i</sub>** = 1 / K<sub>i</sub> = Tempo do termo Integral (reset time);
- **BIAS** = Offset da saída de controle.

## Termo proporcional: Ganho (K) x Banda Proporcional (BP)

O termo proporcional será calculado segundo a fórmula:

$$S = K \cdot \text{erro}$$

A banda proporcional por definição é expressa em porcentagem e corresponde a variação de 0 a 100% do fundo de escala da variável de processo.

A banda proporcional é o inverso do ganho segundo a equação:

$$BP = \frac{100\%}{K}$$

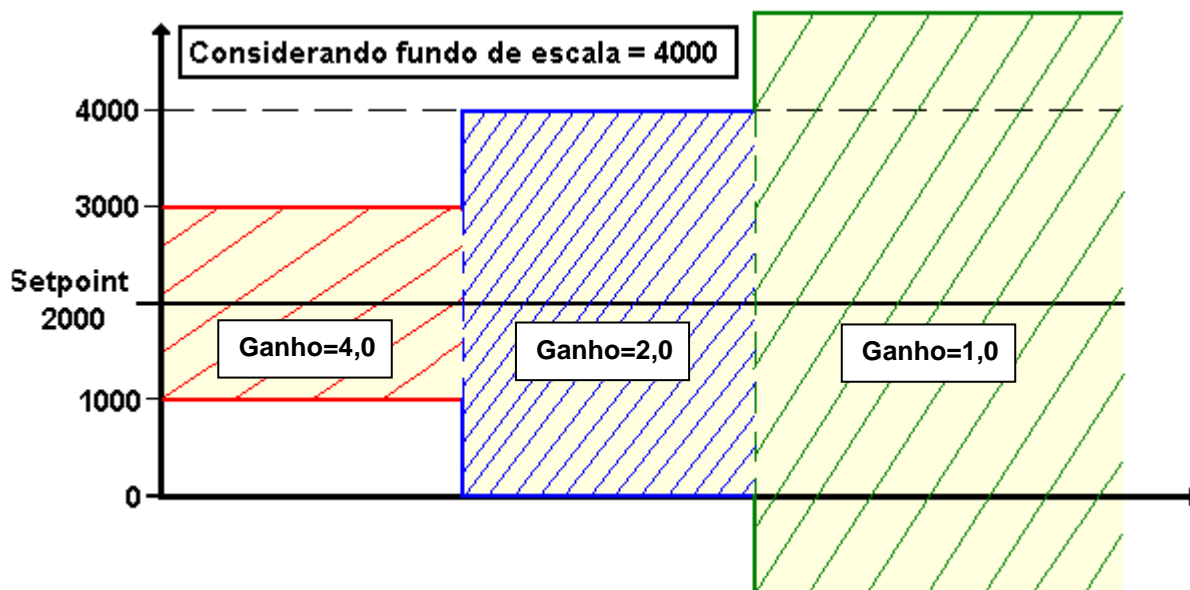
A banda proporcional se situa acima e abaixo do setpoint (SP).

O valor do termo proporcional é zero quando não existir erro.

Banda Proporcional	GANHO	Valor da banda c/ fundo de 4000 pontos
1%	100,0	40
10%	10,0	400
20%	5,0	800
25%	4,0	1000
50%	2,0	2000
100%	1,0	4000
200%	0,5	8000*
500%	0,2	20.000*
1000%	0,1	40.000*

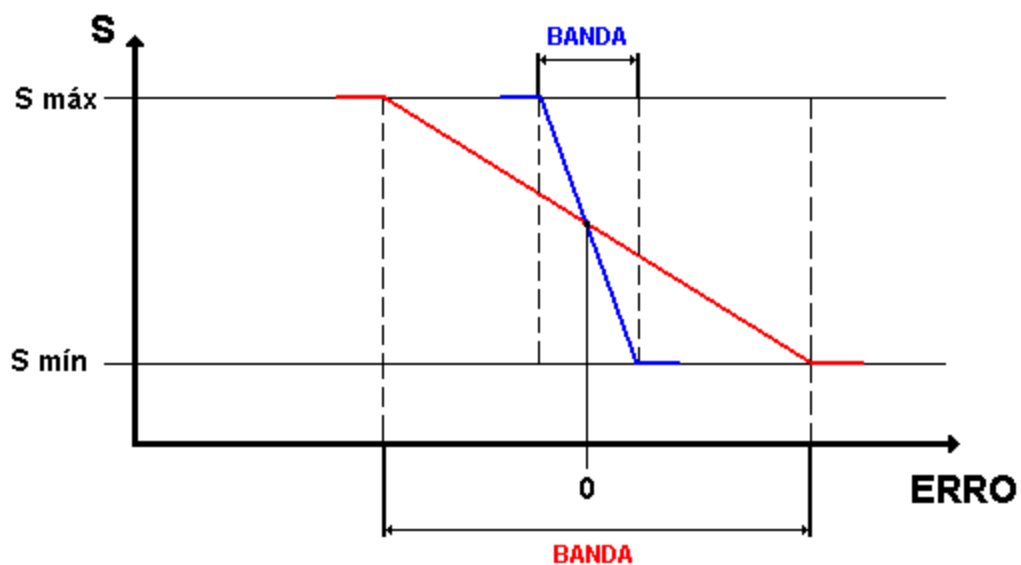
\* - Estes valores, apesar de estarem fora do fundo de escala considerado (4000) significam apenas diminuição no peso do termo proporcional.

O gráfico a seguir mostra a posição da banda para ganhos 1, 2 e 4:



Apesar de termos o elemento “Banda”, a atuação do PID sempre se dará em toda a faixa da escala da variável de processo, para valores de ganho elevado (banda pequena), teremos a saturação da saída acontecendo com erros menores, e para ganhos menores (banda larga) a saturação da saída acontecerá com valores de erro maior.

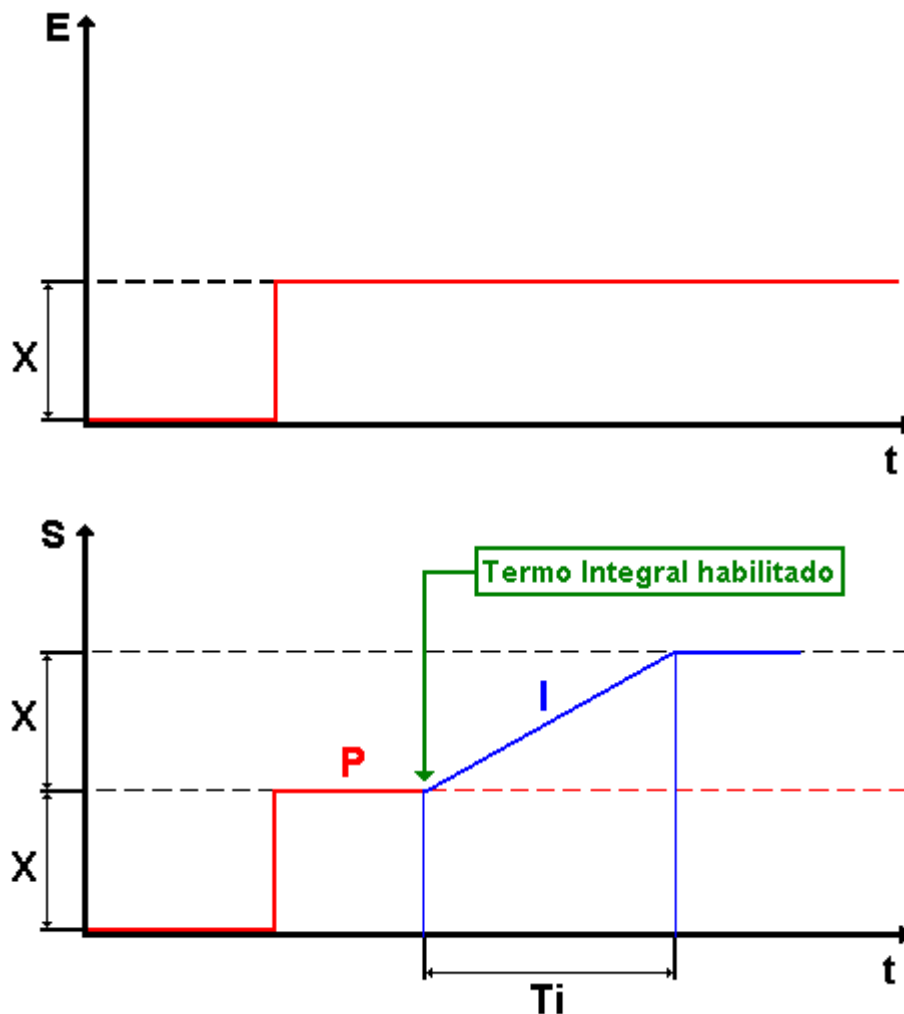
Graficamente teremos:



## Termo Integral: Ganho (Ti)

O termo integral é dado em **segundos por repetição**, que significa quanto tempo o termo integral levará para repetir a ação do termo proporcional, considerando o sistema em malha aberta.

Para exemplificar, se considerarmos um controlador **PI** em malha aberta depois de forçarmos o erro de zero para algum valor e mantermos o mesmo constante, então graficamente teríamos:



É possível que o usuário esteja acostumado com outra unidade para o termo Integral, por exemplo: **min/rep**, porém sempre estarão relacionadas entre si.

Abaixo são dadas as principais unidades encontradas para o termo integral e suas relações.

Seg/Rep	Rep/Seg	Min/Rep	Rep/Min
1	1	0,0167	60
5	0,2	0,0833	12
60	0,0166	1	1
120	0,0083	2	0,5

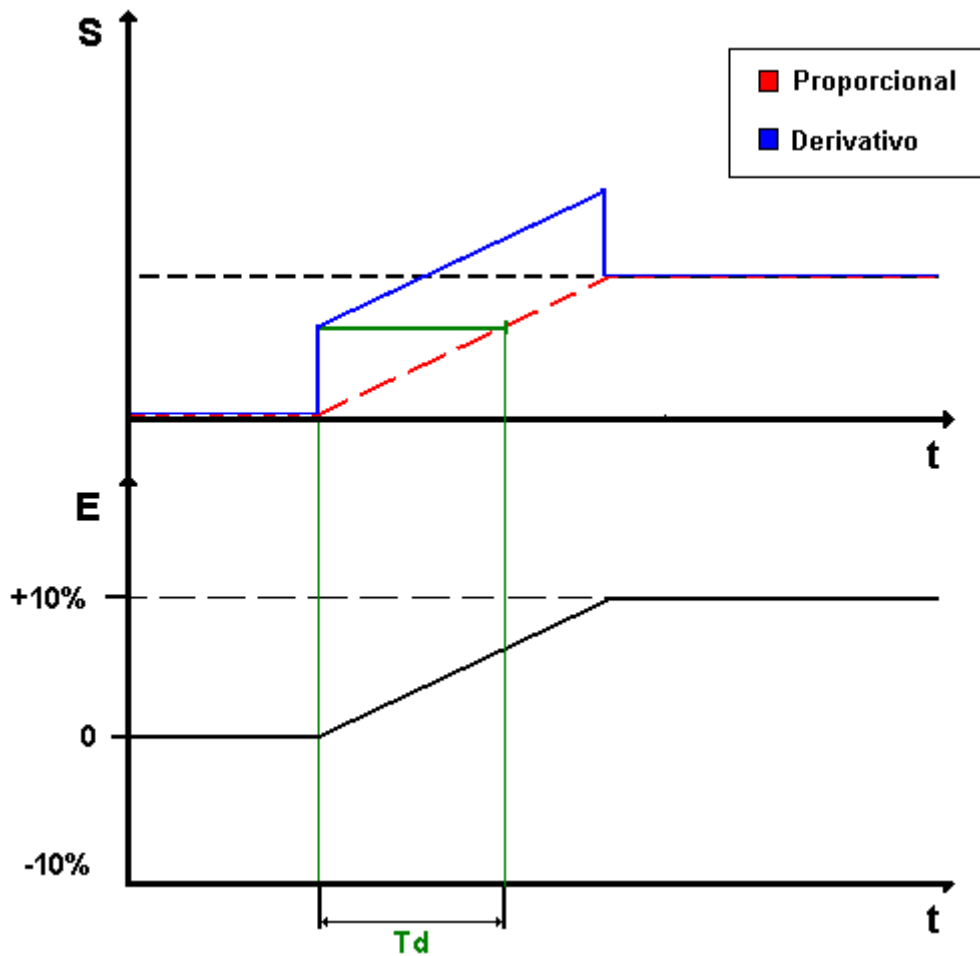
## Termo Derivativo: tempo $T_d$

O termo derivativo é o responsável em antecipar a ação de controle.

Este termo só atua quando há variação de erro, sendo assim se o processo está estável mesmo com erro presente, sua atuação é nula.

Podemos dizer que o termo derivativo atua no processo, prevendo qual será o valor do erro a  $T_d$  unidades de tempo à frente.

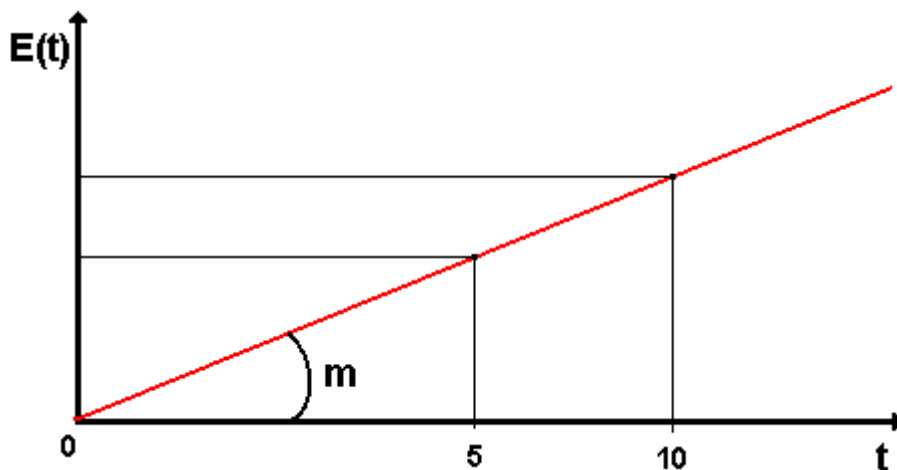
O diagrama abaixo compara  $S=P$  (linha tracejada vermelha) com  $S=P+D$  (linha contínua azul).



A quantidade de tempo que a ação derivativa “avançou” o processo é considerada como o tempo derivativo ( $T_d$ ).

O tempo  $T_d$  significa em que instante o termo proporcional irá produzir o mesmo efeito na saída que o termo derivativo, para uma mesma variação de erro.

Outra forma de entender:



Supondo o incremento do erro constante, então  $de/dt$  representará o coeficiente angular de uma reta.

Podemos então escrever:

$$E(t) = m \cdot t$$

Onde:

$$m = de/dt = \text{coeficiente angular}$$

Para cada valor de tempo, conheço qual será o valor do erro, quanto mais o tempo passa, maior o valor do erro.

Quando aplico a equação:

$$S = D = K \cdot T_d \cdot de/dt$$

## CAPÍTULO 2 – Características Gerais

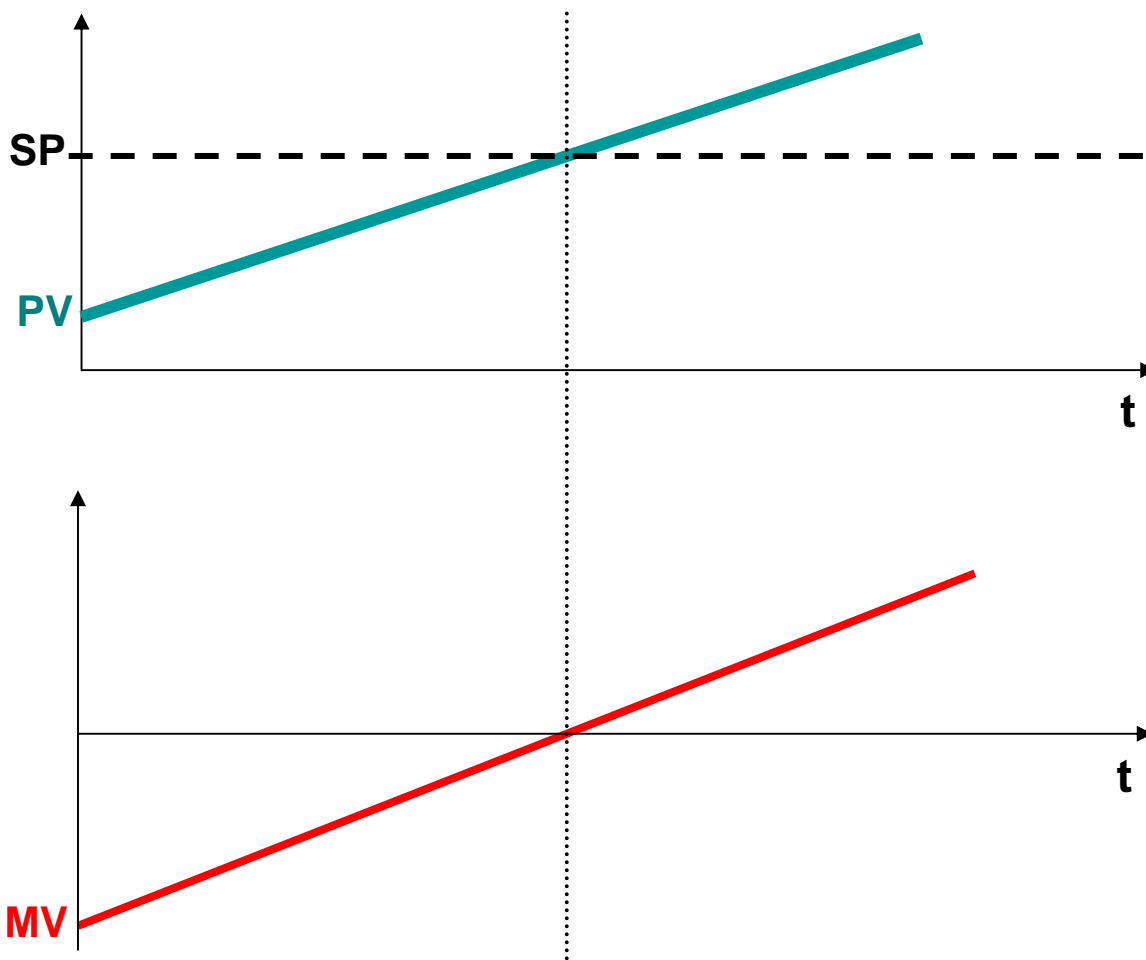
### Modo direto/reverso

Este parâmetro define o modo de controle a ser aplicado:

- Modo **Direto** → Enquanto a variável de processo (**PV**) for **maior** que o setpoint (**SP**), o modo direto reage na saída (**MV**), aumentando seu valor. Como ocorre, por exemplo, em uma aplicação de controle de refrigeração.

$$\text{Erro} = \text{PV} - \text{SP}$$

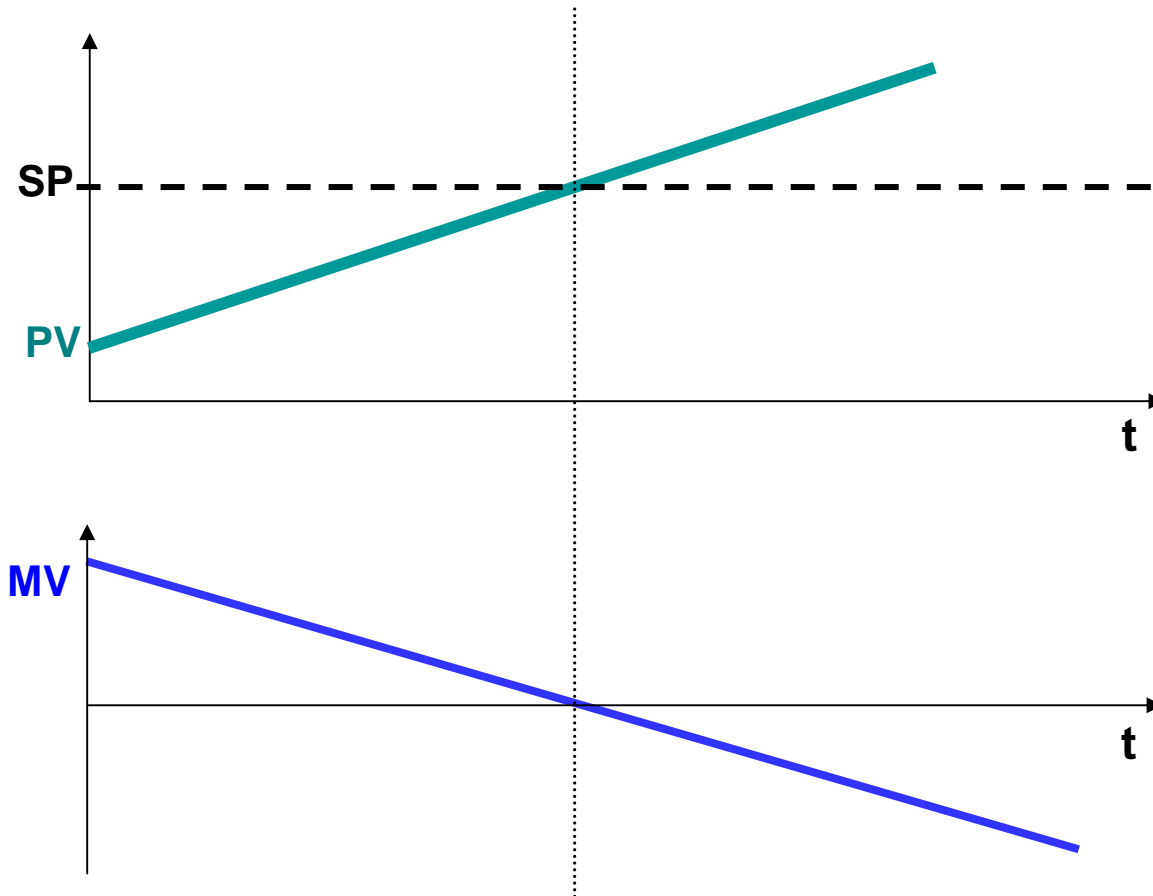
Graficamente teremos:



- Modo **Reverso** → Enquanto a variável de processo (**PV**) for menor que o setpoint (**SP**), o modo reverso reage na saída (**MV**), diminuindo seu valor. Como ocorre, por exemplo, em uma aplicação de controle de temperatura.

$$\text{Erro} = \text{SP} - \text{PV}$$

Graficamente teremos:





## Anti-reset ou anti-windup

Este recurso impede que o termo integral continue a ser atualizado quando a saída atinge seu limite máximo ou mínimo de escala.

O termo integral acumulado permanece congelado até que a saída fique abaixo do seu limite máximo de escala ou fique acima do seu limite mínimo de escala.



Se nesta condição, o termo integral continuasse a ser atualizado, o sistema demoraria mais para retornar a condição de equilíbrio, podendo até mesmo entrar em oscilação permanente.

## Modo Manual / Automático

Entrada presente no bloco PID. Quando ativada, o controle é feito manualmente, quando desativada o controle é feito automaticamente.

Em modo AUTOMÁTICO, a instrução PID está controlando a saída.

Em modo MANUAL, o usuário é quem faz o controle, escrevendo diretamente na variável de saída.

A transição de manual para automático é feita sem causar variação na saída, também chamada de “output tracking” ou “bumpless transfer”. A instrução PID em modo manual calcula novamente o valor do termo de acúmulo integral, desta forma quando o controle passar para modo automático, a saída S inicia a partir da saída configurada e não ocorre nenhuma interrupção no valor de saída.

A instrução PID não faz a transferência ininterrupta de manual para automático se o termo integral não estiver sendo usado ( $K_i = 0$ ).

## Zona Morta

A Zona morta permite selecionar uma faixa de erro acima e abaixo do setpoint (SP) onde a saída (MV) manterá seu valor fixo, desde que o erro permaneça dentro desta faixa.

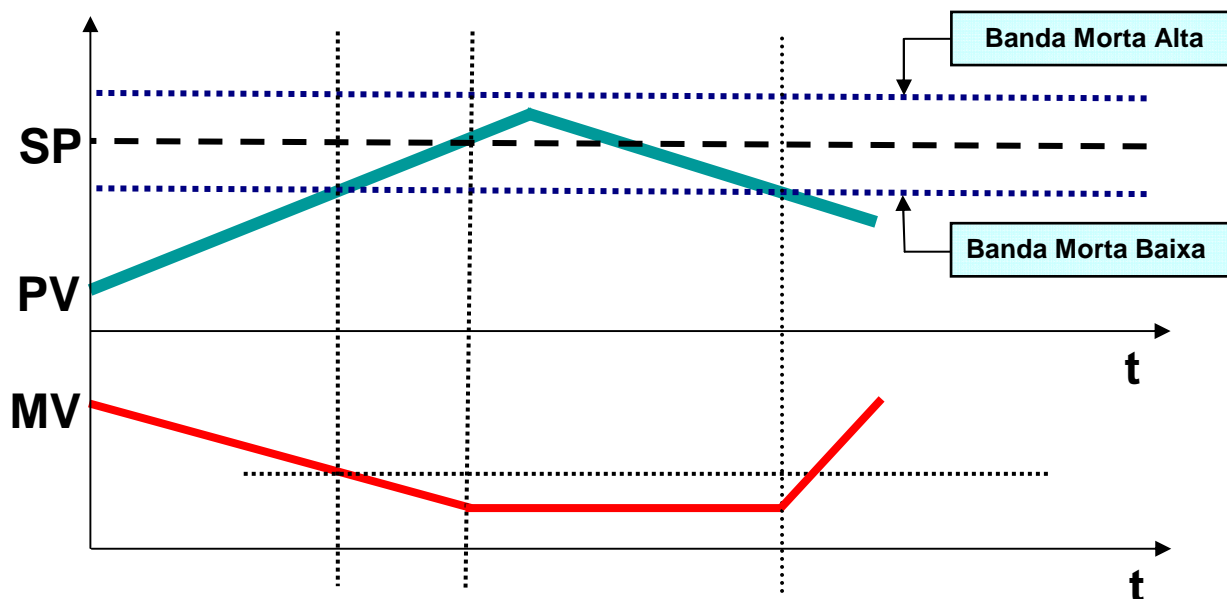
A zona morta quando programada, é ativada somente quando PV atingir o setpoint (SP), garantindo que o mesmo se situe o mais próximo possível do setpoint (SP). Após esta condição o controle só voltará a atuar quando PV sair da zona morta, e a única forma de se modificar a saída (MV) é através do BIAS.

Ao sair da zona morta, o controle volta sem interrupção na saída (semelhante a transição de manual para automático).

A zona morta se estende acima e abaixo do setpoint (SP) de acordo com o valor especificado em “Banda morta alta” e “Banda morta baixa”.

O controle de válvulas motorizadas é beneficiado por este tipo de recurso.

## Feedforward – BIAS



É possível direcionar (feedforward) um distúrbio do sistema, alimentando o valor BIAS da instrução PID.

O valor BIAS representa um distúrbio alimentado na instrução antes que o distúrbio tenha chance de alterar a variável de processo. Feedforward é geralmente usado em processos com atraso de transporte, ou quando nenhum controle integral é utilizado. Neste caso o valor de BIAS pode ser ajustado para manter a saída na faixa requerida (manter PV próximo a SP).

## Tempo de amostragem (Dt)

A instrução PID e a amostra de processo são atualizadas periodicamente pelo dt. Este tempo de atualização está relacionado ao processo físico que está sendo controlado.

Para malhas muito lentas como temperatura, um tempo acima de um segundo é suficiente para um bom controle. Malhas mais rápidas, como pressão, podem requerer um tempo de atualização de 250 ms.

O tempo mais rápido da instrução PID é 100 ms.

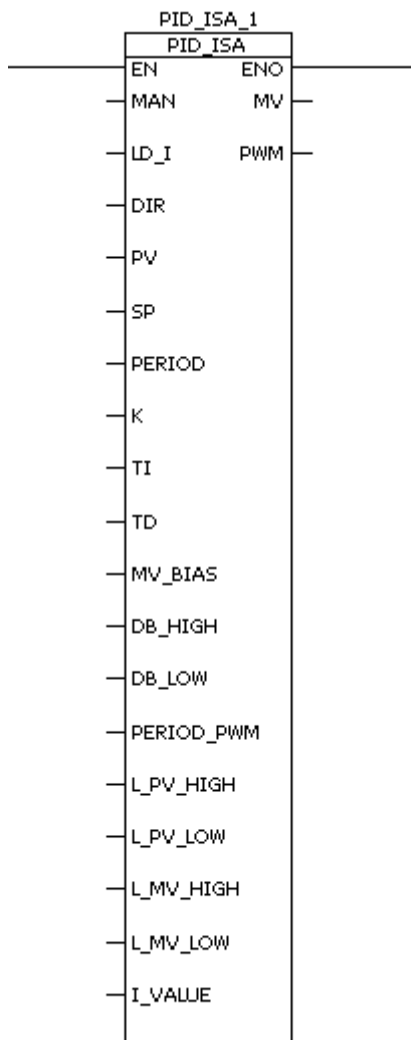
Para melhorar a eficiência do termo derivativo, **dt** deve ser menor ou igual à  $T_d / 10$ , ou seja, **dt** deve ser no mínimo dez vezes menor que  $T_d$  (ex: se  $T_d = 10s$ ,  $dt = 1s$ ).

## CAPÍTULO 3 – Programação em Ladder

### Sobre a instrução PID\_ISA

A instrução PID\_ISA está presente nos controladores Atos MPC4004BF. O PID padrão ISA é um bloco funcional (function block) inserido no ladder no Atos A1, o software disponibiliza para utilização até 64 instâncias do bloco funcional PID\_ISA.

#### • Bloco no Software



Onde:

**EN** - Habilita execução da instrução;

**ENO** - Cópia do valor booleano de EN;

**MAN** - Habilita controle PID em modo manual;

**LD\_I** - Carrega valor do termo integral definido em I\_VALUE;

**DIR** - Define modo: direto/reverso;

**PV** - Variável de entrada;

**SP** - Variável de Preset;

**PERIOD** - Período de amostragem;

**K** - Ganho proporcional;

**TI** - Ganho integral;

**TD** - Ganho derivativo;

**MV\_BIAS** - Offset de saída;

**DB\_HIGH** - Banda morta alta;

**DB\_LOW** - Banda morta baixa;

**PERIOD\_PWM** - Tempo do PWM da saída MV;

**L\_PV\_HIGH** - Máximo valor de escala para entrada;

**L\_PV\_LOW** - Mínimo valor de escala para entrada;

**L\_MV\_HIGH** - Máximo valor de escala para saída;

**L\_MV\_LOW** - Mínimo valor de escala para saída;

**I\_VALUE** - Valor de carga do termo integral;

**MV** - Variável de saída;

**PWM** - Variável de saída PWM;

## Descrição dos parâmetros

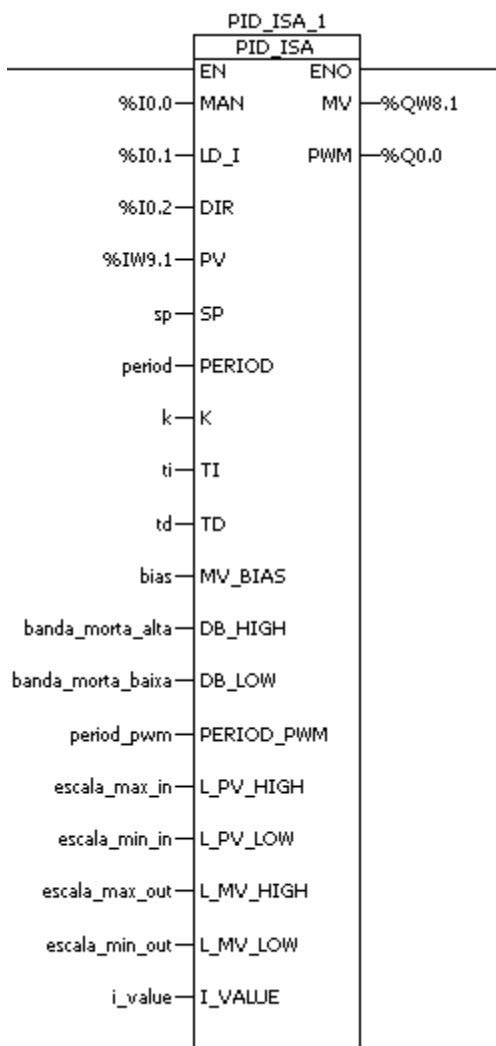
- **EN** *[BOOL]*: Habilita execução da instrução.
- **ENO** *[BOOL]*: Cópia do valor booleano de EN.
- **MAN** *[BOOL]*: Habilita controle PID em modo manual  
TRUE = MODO MANUAL  
FALSE = MODO AUTOMÁTICO
- **LD\_I** *[BOOL]*: Carrega valor do termo integral definido em I\_VALUE.
- **DIR** *[BOOL]*: Define modo: direto/reverso  
TRUE = DIRETO  
FALSE = REVERSO
- **PV** *[INT ou UINT]*: Variável de entrada.  
Exemplo: canal de temperatura.
- **SP** *[INT]* - Variável de Preset (setpoint), ou seja, valor a ser atingido.
- **PERIOD** *[UINT]*: Período de amostragem.  
Período de tempo em que a instrução faz a amostragem da variável de processo (**PV**) e efetua o algoritmo de controle.  
Este parâmetro deve ser configurado entre 1 e 50, sendo que 1 equivale a 0.1 segundos e 50 a 5.0 segundos.
- **K** *[UINT]*: Ganho proporcional.  
Ganho do termo proporcional do PID. Este valor deve ser configurado entre 1 e 1000, sendo que para 1 o ganho é de 0.1 e para 1000 o ganho é de 100.0.
- **TI** *[UINT]*: Ganho integral  
Ganho do termo integral do PID. Este valor deve ser configurado entre 1 e 3600 segundos. Para desativar o termo integral deixe este valor com zero.
- **TD** *[UINT]*: Ganho derivativo  
Ganho do termo derivativo do PID. Este valor deve ser configurado entre 1 e 900 segundos. É importante observar que este ganho deve ser no mínimo 10 vezes maior que o período de amostragem. Esta característica é devido à equação do termo derivativo com filtro incorporado.  
Para desativar o termo derivativo deixe este valor com zero.

- **MV\_BIAS [INT]:** Offset de saída.  
Valor que será somado à saída do PID em modo automático. Este valor deve ser configurado entre 0 e o máximo fundo de escala da saída.
- **DB\_HIGH [INT]:** Banda morta alta;  
Valor que será somado ao setpoint (SP) para definir o valor da banda morta alta.  
Este valor deve estar configurado entre 0 e o Máximo fundo de escala da entrada. Para desativar a banda morta alta deixe este valor com zero.  
O cálculo da banda é simples: para um setpoint (SP) de 1000 e uma banda de 1200 deixe este valor com 200 ( $1000 + 200 = 1200$ ).
- **DB\_LOW [INT]:** Banda morta baixa.  
Valor que será subtraído do setpoint (SP) para definir o valor da banda morta baixa.  
Este valor deve estar configurado entre 0 e o Máximo fundo de escala da entrada. Para desativar a banda morta baixa deixe este valor com zero.  
O cálculo da banda é simples: para um setpoint (SP) de 1000 e uma banda de 900 deixe este valor com 100 ( $1000 - 100 = 900$ ).
- **PERIOD\_PWM [UINT]:** Tempo do PWM da saída MV.  
Este valor deve estar entre 20 e 250, sendo que para 20 temos 2.0 segundos e para 250 temos 25.0 segundos.
- **L\_PV\_HIGH [INT]:** Máximo valor de escala para entrada.  
Este valor deve ser configurado de acordo com a escala de grandeza física controlada.  
Por exemplo: Se estiver realizando um controle de temperatura com uma placa 4004.66/J com fundo de escala de 0 a 500.0, deixe este valor com 5000.
- **L\_PV\_LOW [INT]:** Mínimo valor de escala para entrada.
- **L\_MV\_HIGH [INT]:** Máximo valor de escala para saída.  
Este valor deve ser configurado de acordo com o hardware de saída do controle.  
Por exemplo: Se estiver utilizando uma placa de saída analógica de 0 a 10 V com resolução de 0 a 1000 deixe este valor com 1000
- **L\_MV\_LOW [INT]:** Mínimo valor de escala para saída.
- **I\_VALUE [INT]:** Valor de carga do termo integral.
- **MV [INT ou UINT]:** Variável de saída.  
A variável deve ter o mesmo tipo de dado da variável de entrada PV.
- **PWM [BOOL]:** Variável de saída PWM.

## Exemplo de programação

O exemplo de programação abaixo mostra parâmetros utilizados para controle de uma malha de temperatura, utilizando uma placa 4004.6x/J - TERMOPAR tipo J (0 A 500°C).

Lembrando que as variáveis utilizadas poderão ser declaradas em escopo global ou local, dependendo de sua funcionalidade.

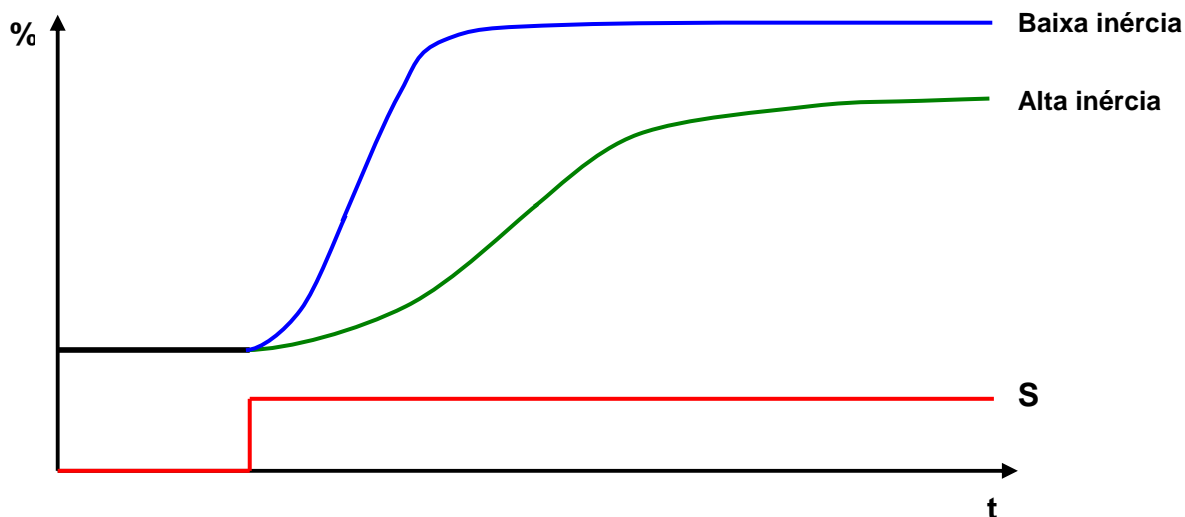


Nome	Tipo de dado
sp	INT
period	UINT
k	UINT
ti	UINT
td	UINT
bias	INT
banda_mor...	INT
banda_mor...	INT
period_pwm	UINT
escala_mi...	INT
escala_mi...	INT
escala_ma...	INT
escala_ma...	INT
i_value	INT

## Tempo de estabilização

O tempo de estabilização de um sistema depende basicamente da quantidade de energia aplicada, e da própria inércia do sistema.

Processos de grande inércia necessitam de uma quantidade maior de energia para que tenham uma variação na saída. O gráfico abaixo mostra a diferença entre um processo de alta inércia (em verde) e baixa inércia (em azul) quando aplicada mesma quantidade de energia na saída (em vermelho).



Os valores iniciais para os parâmetros PID devem ser calculados levando em consideração se o sistema possui baixa ou alta inércia.

Como sugestões são dadas os seguintes valores iniciais:

SISTEMA COM ALTA INÉRCIA	SISTEMA COM BAIXA INÉRCIA
$K_p \geq 6$	$K_p \leq 4$
$T_i = 300 \text{ seg}$	$T_i = 100 \text{ seg}$
$T_d = 0$	$T_d = 0$

Após esta fase, o usuário deverá testar diferentes valores para os parâmetros, visando alcançar o ponto otimizado de operação.

Também é possível aplicar o método de Ziegler-Nichols descrito na página 32 deste manual, para determinar com precisão os parâmetros do algoritmo.





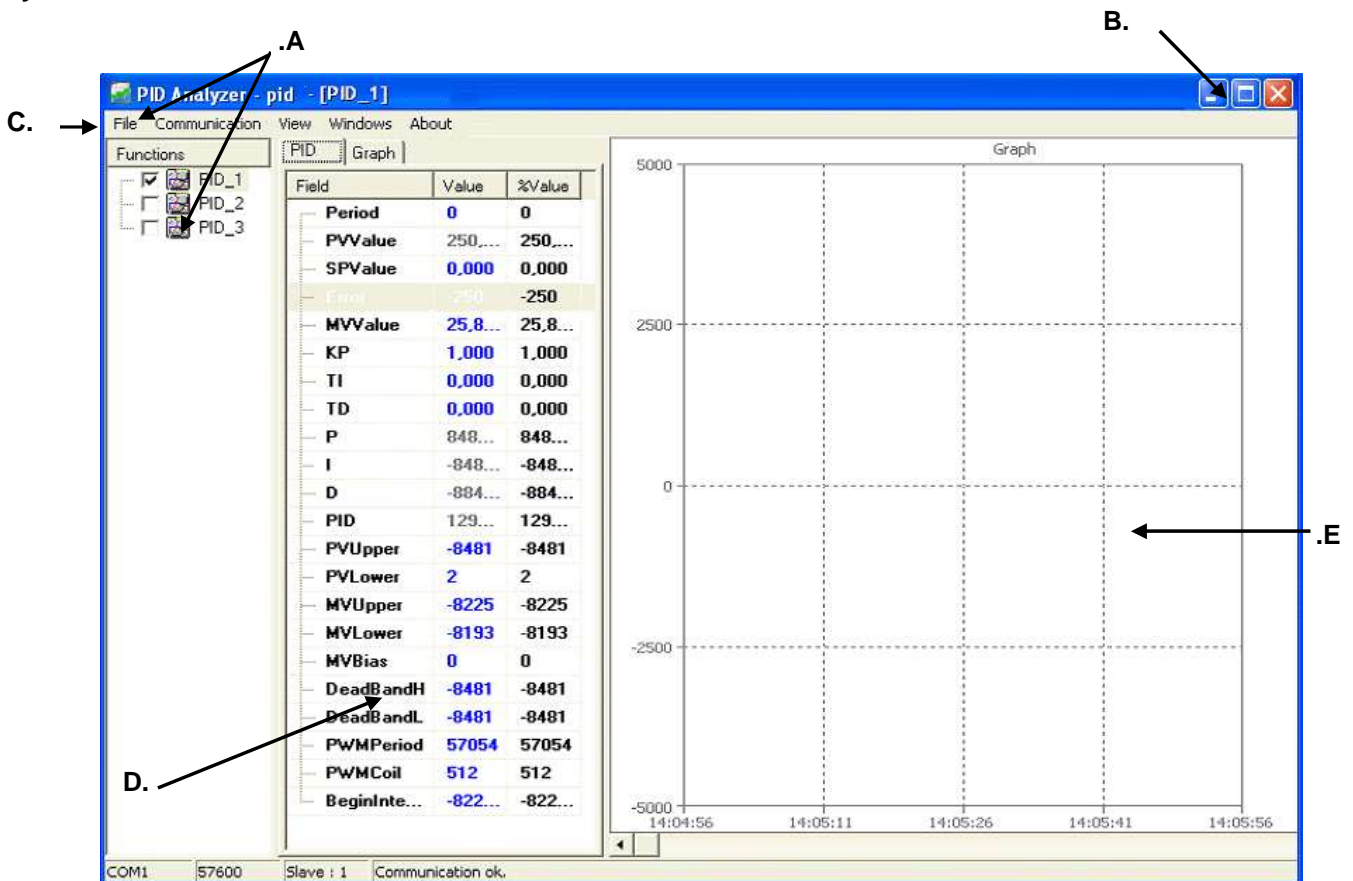
## CAPÍTULO 4 – Software de monitoração

### Atos PID Analyzer

Para realizar a sintonia das instruções PID\_ISA inseridas no ladder, utiliza-se o software **Atos PID Analyzer** que realiza a monitoração e a configuração dos parâmetros PID, podendo também observar em tempo real a atuação do PID em seu processo, permitindo a alteração dos parâmetros on-line.

### Descrição da interface com o usuário

A interface do **Atos PID Analyzer** proporciona diversas opções para que o usuário possa monitorar seu projeto. Sugerimos que você invista alguns minutos de seu tempo para se familiarizar com a área de trabalho do **Atos PID Analyzer**.



#### A. Barra de título

Identifica o software e mostra qual instrução PID está sendo monitorada, quando alguma delas está selecionada.

#### B. Controles do Windows

São os controles padrão do Windows para toda aplicação (Minimizar, Maximizar, Fechar);

### C. Barra de menu

Concentra todos os comandos do **Atos PID Analyzer**. Possui 5 menus: *Arquivo [Salvar / Sair], Comunicação [Conectar / Desconectar / Configurações], Ver [Datalog], Janelas [Horizontal / Vertical / Cascata] e Sobre [Sobre...];*

### D. Guias de configuração

Estas guias configuram toda a parametrização dos blocos PID supervisionados. São compostas pelas guias *Dados e Gráfico;*

### E. Supervisão gráfica

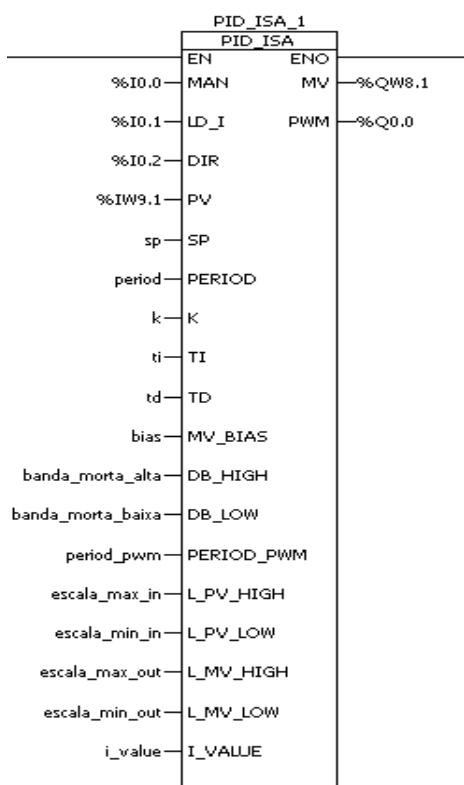
Permite realizar a supervisão de qualquer uma das variáveis do bloco PID que está sendo monitorado. Utilizando a guia “Gráfico” configuram-se as escalas utilizadas no gráfico;

## Como começar?



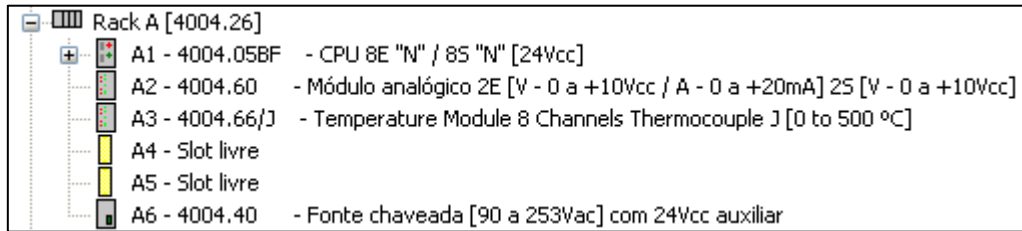
O exemplo utilizado a seguir mostra parâmetros utilizados para controle de uma malha de temperatura, utilizando uma placa 4004.6x/J - TERMOPAR tipo J (0 A 500°C).

Deve-se ter uma aplicação ou um projeto de exemplo que contenha pelo menos uma instrução **PID\_I** no ladder. Para fazer isto, no Atos A1 crie um novo projeto e insira um bloco **PID\_I** como mostrado abaixo:

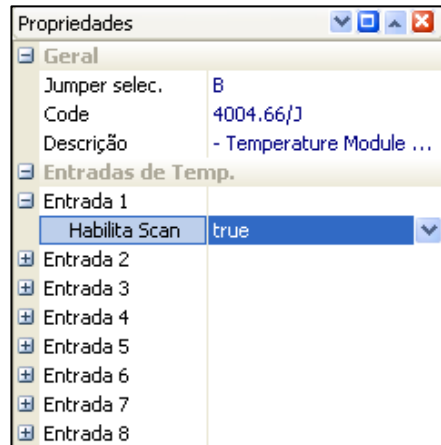


Nome	Tipo de dado
sp	INT
period	UINT
k	UINT
ti	UINT
td	UINT
bias	INT
banda_mor...	INT
banda_mor...	INT
period_pwm	UINT
escala_mi...	INT
escala_mi...	INT
escala_ma...	INT
escala_ma...	INT
i_value	INT

A aplicação-exemplo apresenta a seguinte configuração de hardware:



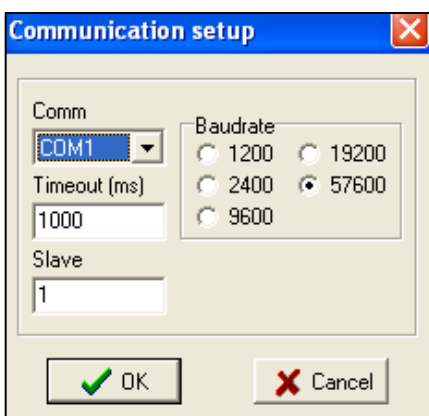
Na guia *Propriedades*, da placa de temperatura, é necessário habilitar (TRUE) os canais a serem utilizados, conforme mostra a figura abaixo.



## Configurando a comunicação do Atos PID Analyzer

O software **Atos PID Analyzer**, quando conectado com o CLP, realiza a leitura do programa usuário a procura de instruções **PID\_ISA** existentes. As configurações são feitas individualmente para cada instrução.

Após iniciar o software, com o CLP desconectado, no menu "Comunicação", escolha a opção "Configurar". A seguinte janela será apresentada:



Nesta janela é realizada a configuração do canal serial utilizado para a comunicação do PID Analyzer com o CLP.

**Porta:** Defina a porta de comunicação do PC utilizada para realizar a conexão (default: COM1);

**Time-out (ms):** Tempo de espera pela resposta dos dados do CLP. Fimda esta temporização o software acusa falha de comunicação. (Default: 1000ms)

**Slave:** Número da estação de comunicação;

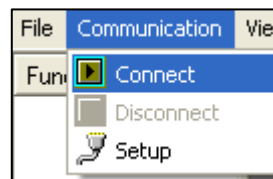
**Baud Rate:** Definição da taxa de comunicação programada no CLP para estabelecer comunicação com o **Atos PID Analyzer**. (default: 57600).

NOTA



Verifique se a porta utilizada não está sendo ocupada por outros aplicativos como o A1 ou algum software supervisorio. Caso isto ocorra, se possível defina outra porta de comunicação para estabelecer conexão, ou desocupe a porta utilizada.

Após confirmar os parâmetros de comunicação, no menu “Comunicação” “Conectar”, como mostrado ao lado. Durante a conexão com o CLP, não é alterar os parâmetros do canal serial, é necessário desconectar o software para qualquer modificação.



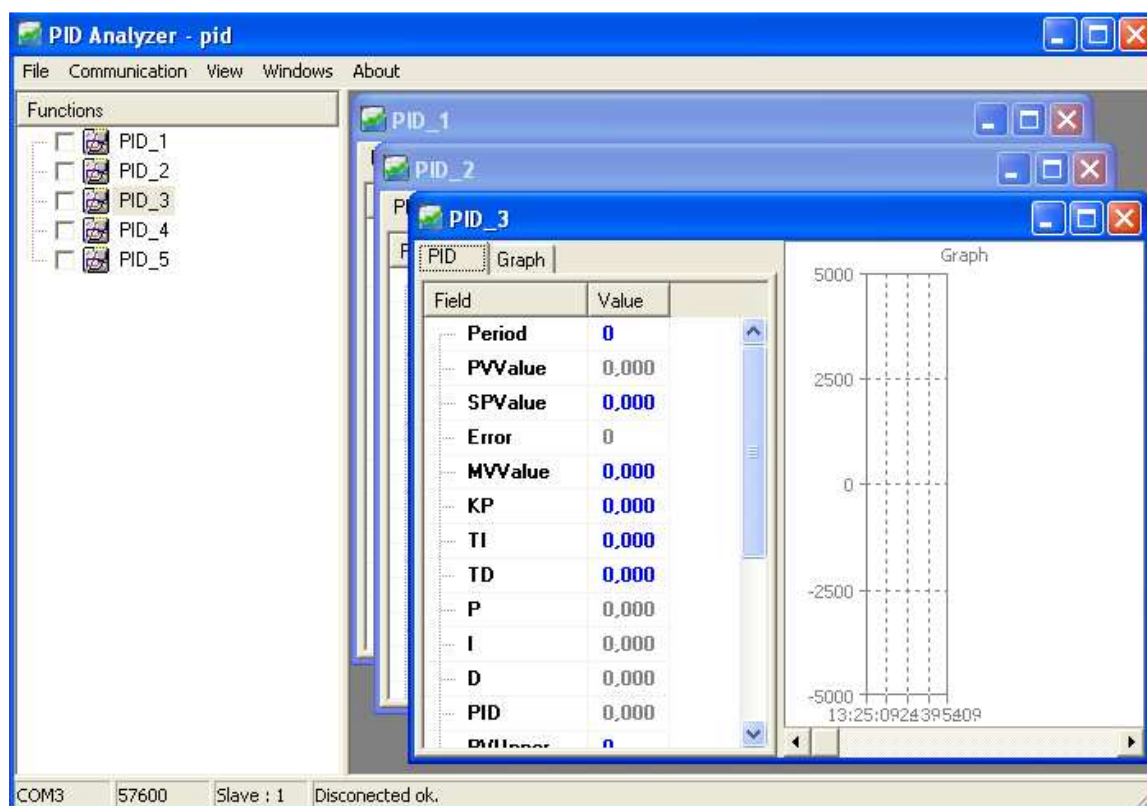
pressione possível realizar

Para desconectar, no menu “Comunicação” pressione “Desconectar”.

Utilize um CLP que já esteja com o software carregado utilizando a instrução **PID\_ISA**. Do contrário, o **Atos PID Analyzer** fará a leitura do programa usuário do CLP e não encontrará nenhuma instrução **PID\_I**, impossibilitando a utilização do software.

## Supervisionando o bloco PID\_ISA

Com o **Atos PID Analyzer** conectado ao CLP, todos os blocos utilizados serão visualizados pelo programa, com um duplo - clique sobre o bloco, abrimos a janela de supervisão correspondente (conforme mostra a figura), e habilitando a caixa de seleção à esquerda do bloco correspondente, o software realiza a leitura das variáveis correspondentes e inicia a supervisão.



Após a leitura do CLP, a tabela de parâmetros ficará como mostrada abaixo.

Field	Value	%Value
Period	0	0
PVValue	210,000	210,000
SPValue	0,000	0,000
Error	-210	-210
MVValue	-8225,000	-8225,000
KP	1,000	1,000
TI	0,000	0,000

- A coluna “**Descrição**” mostra a identificação dos parâmetros do PID.
- A coluna “**Valor**” identifica o valor atual do referido parâmetro no CLP. Para alterá-lo basta dar um duplo - clique na célula desejada. Lembrando que, se no programa, o parâmetro foi declarado como constante, a edição deste é desabilitada pelo software.
- A coluna “**%Valor**” identifica, em porcentagem, o valor atual do referido parâmetro no CLP.

Os parâmetros sugeridos neste exemplo são válidos para um controle de malha de temperatura.

O usuário deve adequar estes valores para o tipo de controle a ser utilizado.

Esta tabela de valores padrão para controle de malha de temperatura é mostrada logo ao lado.

Nos campos “EN” e “MAN”, defina as variáveis utilizadas para controle de bloco PID\_ISA no ladder do CLP. No caso do exemplo utilizado, os endereços são:

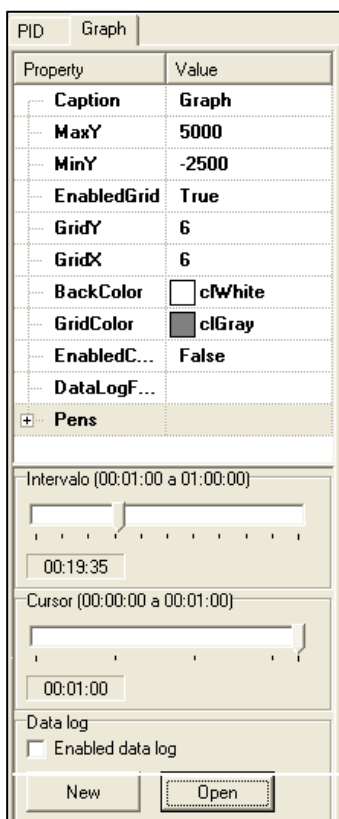
- Manual: %I0.0
- Habilita: TRUE

O habilita PID está sempre ligado para que o CLP realize o controle PID do bloco em questão.

O controle manual é acessado passando-se a variável %I0.0 para TRUE. Dessa forma a saída é determinada pelo usuário, não mais controlada pelo bloco.

Field	Value	%Value
Period	1	1
PVValue	1498,000	1498,000
SPValue	1500,000	1500,000
Error	2	2
MVValue	253,853	253,853
KP	50,000	50,000
TI	180,000	180,000
TD	0,000	0,000
P	10,000	10,000
I	1259,266	1259,266
D	0,000	0,000
PID	1269,266	1269,266
PVUpper	5000	5000
PVLower	0	0
MVUpper	1000	1000
MVLower	0	0
MVBias	0	0
DeadBandH	0	0
DeadBandL	0	0
PWMPeriod	40	40
PWMCoil	512	512
BeginInte...	50,000	50,000

## Supervisão gráfica



Com o controle habilitado, para realizar a configuração do gráfico, clique sobre a guia “Gráfico”, no canto superior direito da janela de configuração do bloco **PID\_ISA**, como mostrado ao lado.

Dentro desta guia verificamos a definição de alguns parâmetros como:

**Nome:** Título do gráfico;

**MaxY:** Valor máximo da graduação do eixo Y;

**MinY:** Valor mínimo da graduação do eixo Y;

**Habilita Grid:** Opção de mostrar ou não a grade no gráfico;

**GridY:** Quantidade de divisões da grade no eixo Y;

**GridX:** Quantidade de divisões da grade no eixo X;

**Cor de fundo:** Cor do fundo do gráfico;

**Cor do Grid:** Cor da grade;

**Habilita Cursor:** Se verdadeiro mostra a indicação das penas habilitadas no canto direito e superior do gráfico;

**Arquivo Datalog:** Campo de visualização do nome do arquivo se tiver aberto alguma data log;

**Penas:** As variáveis que serão supervisionadas no gráfico;

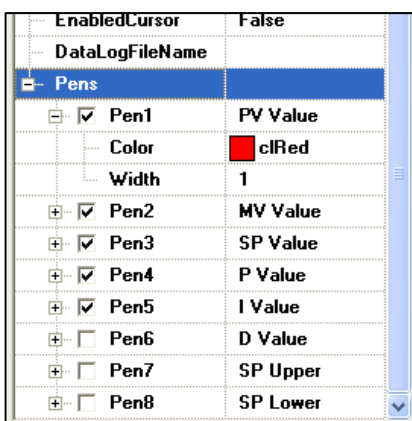
**Intervalo:** Define a escala de tempo utilizada durante a supervisão gráfica, esta escala pode variar de 1 minuto até 1 hora. Para definir a escala desejada, mova a barra deslizante para a direita, até a posição desejada;

**Cursor:** Permite que os valores identificados no gráfico possam ser visualizados com precisão. Para utilizar o cursor durante a supervisão gráfica, deve-se habilitá-lo e utilizar a barra deslizante para posicionar o cursor no momento do gráfico que se deseja verificar qual foi o valor de uma determinada variável. Os dados das penas habilitadas aparecerão no canto superior direito do gráfico.

**Data log:** Se habilitado, tem a opção de abrir ou salvar um determinado instante de um gráfico.

### • Penas

Nesta guia definem-se quais parâmetros serão supervisionados. As opções disponíveis são as mostradas na figura abaixo.



Para selecionar quais variáveis serão supervisionadas, na seção “Penas”, marque as variáveis desejadas, clicando com o botão esquerdo sobre a caixa de seleção ao lado de seu respectivo nome, como mostrado ao lado.

Em cada uma destas variáveis, é possível definir a cor da pena utilizada e a espessura da linha desenhada no gráfico. Para isto, abra as opções referentes a essa pena clicando no sinal positivo [+] ao lado do seu respectivo nome;

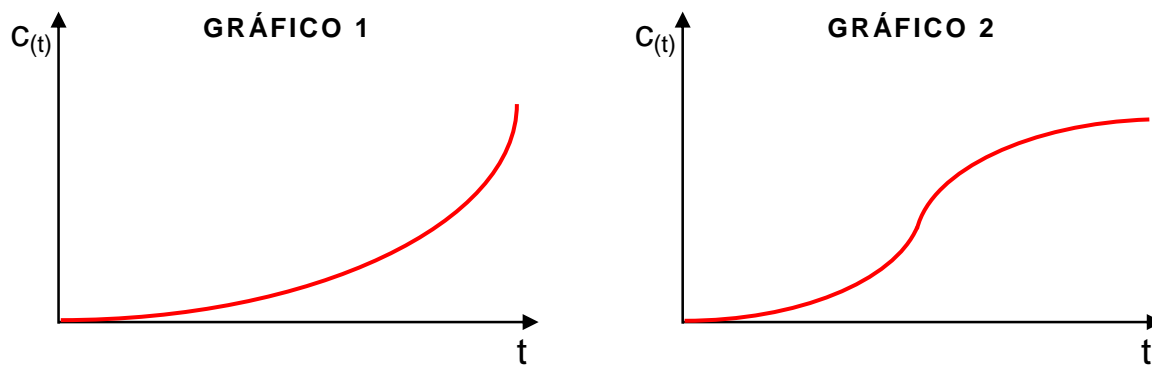


## CAPÍTULO 5 – Sintonia do PID\_ISA

### Método Ziegler-Nichols

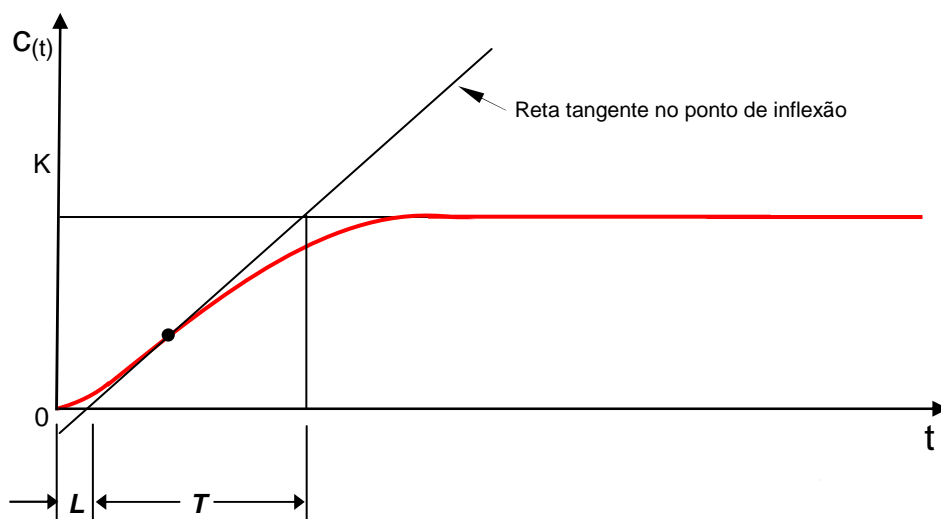
A técnica de sintonia “on-line” utilizada pelo software **Atos PID Analyzer** chama-se Método da Curva de Reação do Processo. Esse método é baseado em um único teste experimental, que é realizado com o controlador em modo manual. Uma pequena mudança em degrau de amplitude  $A$  é gerada na saída do controlador e a resposta medida do processo ou curva de reação do processo  $c(t)$  é registrada.

Dois diferentes tipos de curvas de reação de processo são mostrados nas figuras abaixo para mudanças em degrau na entrada no instante  $t=0$ . A resposta para o gráfico 1 é ilimitada, o que indica que esse processo é não-auto-regulado. Em contraste, o processo considerado no gráfico 2 é auto-regulado, pois a curva de reação atinge um novo estado estacionário.



Curvas de resposta de processos auto-regulados e não auto-regulados.

O método é aplicável para processos auto-regulados. Nesse caso, a resposta é caracterizada por dois parâmetros:  $T$ , a inclinação da tangente através do ponto de inflexão da curva de  $L$ , o tempo morto, conforme mostrado abaixo:



Curva de resposta em forma de S



A curva em forma de **S** pode se caracterizar por duas constantes: o tempo de retardo **L** e a constante de tempo **T**. O tempo de retardo e a constante de tempo podem ser determinados traçando-se uma reta tangente à curva em forma de **S** no ponto de inflexão e determinando-se as interseções com o eixo dos tempos e com a reta  $b(t) = K$ , conforme assinalado na figura da página anterior.

A função de transferência  $C_{(s)} / U_{(s)}$  pode ser aproximada à de um sistema de primeira ordem com retardo de transporte, como a seguir:

$$\frac{C_{(s)}}{U_{(s)}} = \frac{K_e^{-Ls}}{T_s + 1}$$

A tabela abaixo mostra a regra de sintonia de Ziegler-Nichols baseada na resposta do processo a controlar a uma excitação em degrau:

Tipo de controlador	$K_p$	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
<b>PI</b>	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
<b>PID</b>	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

## Sintonizando o processo via Atos PID Analyzer

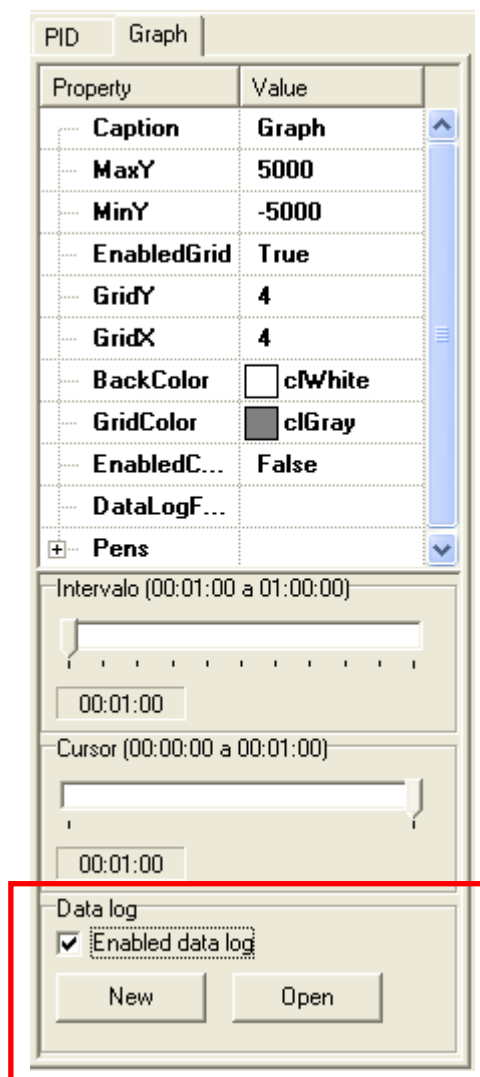
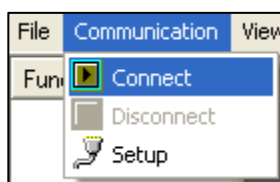
O software **Atos PID Analyzer** permite realizar a sintonia do algoritmo PID utilizado em seu processo.

As páginas a seguir mostram passo-a-passo como realizar esta sintonia.

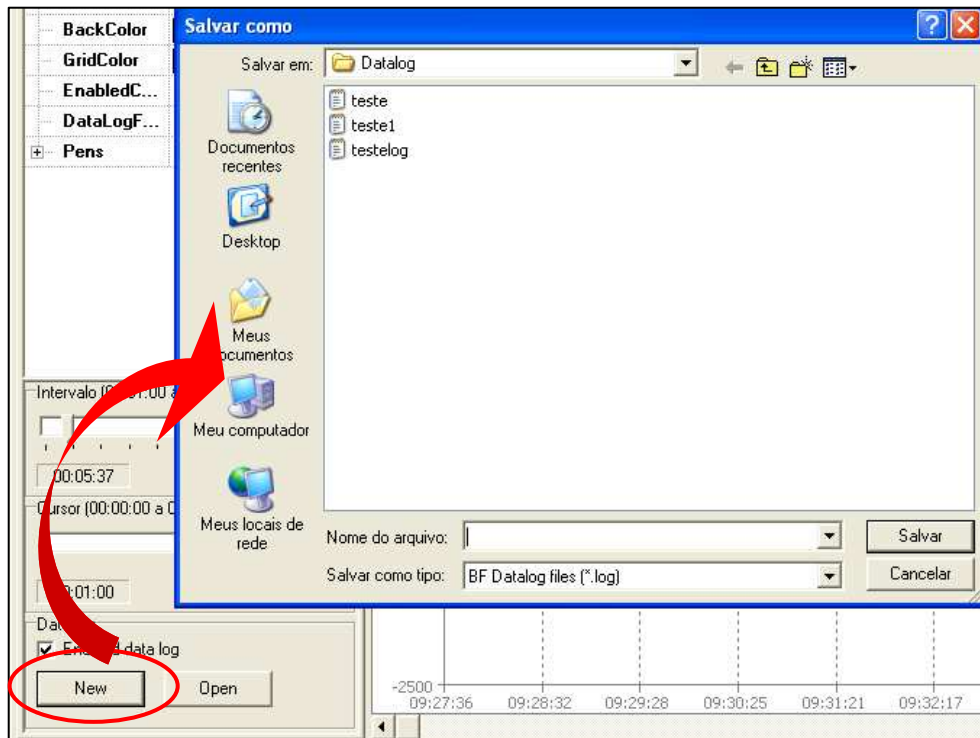
### • 1º PASSO – Controle manual com DATALOG ligado

Inicie o software **Atos PID Analyzer** e estabeleça uma conexão (menu “*Comunicação*”, opção “*Conectar*”).

Na guia *Gráfico* do bloco PID que você deseja monitorar (para mais detalhes sobre a utilização do Atos PID Analyzer (leia o capítulo 4 – Software de Monitoração), selecione a opção *Habilita Data Log*, conforme mostra a figura.



Na opção *Novo*, abrirá uma janela para definir um nome e caminho para o arquivo de destino do DATA LOG, após definir o arquivo isso selecione *Salvar*.



Antes de habilitar a instrução, certifique-se que a variável de controle MAN está em modo **MANUAL**, (MAN=TRUE). Habilitando a instrução em modo automático, o controle poderá se desestabilizar, pois o PID tentará realizar o controle do processo.



O nome de arquivo, apesar de estar nomeado como *datalog*, pode ser renomeado como desejado. Ao ser gerado, ele é salvo com a extensão **\*.dat** no local definido pelo usuário.

Caso não seja especificado um destino para o arquivo (como mostrado na figura acima) o mesmo será salvo no diretório raiz onde o programa foi instalado.

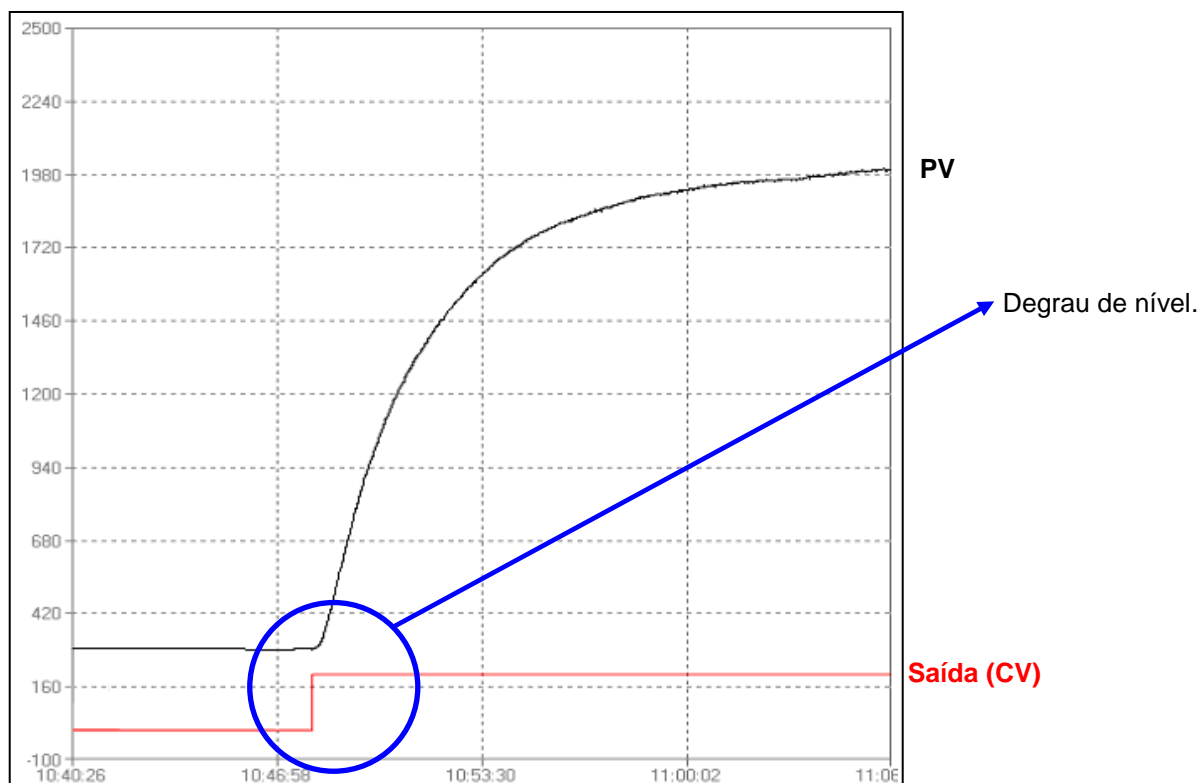
## • 2º PASSO - Aplicar um “degrau”

Para que a sintonia possa ser realizada o software necessita de alguns dados do processo. Estes dados devem ser tomados em modo manual da seguinte maneira:

Com o PID inicialmente em modo **MANUAL**, habilite-o e espere até que o valor de entrada esteja estabilizado.

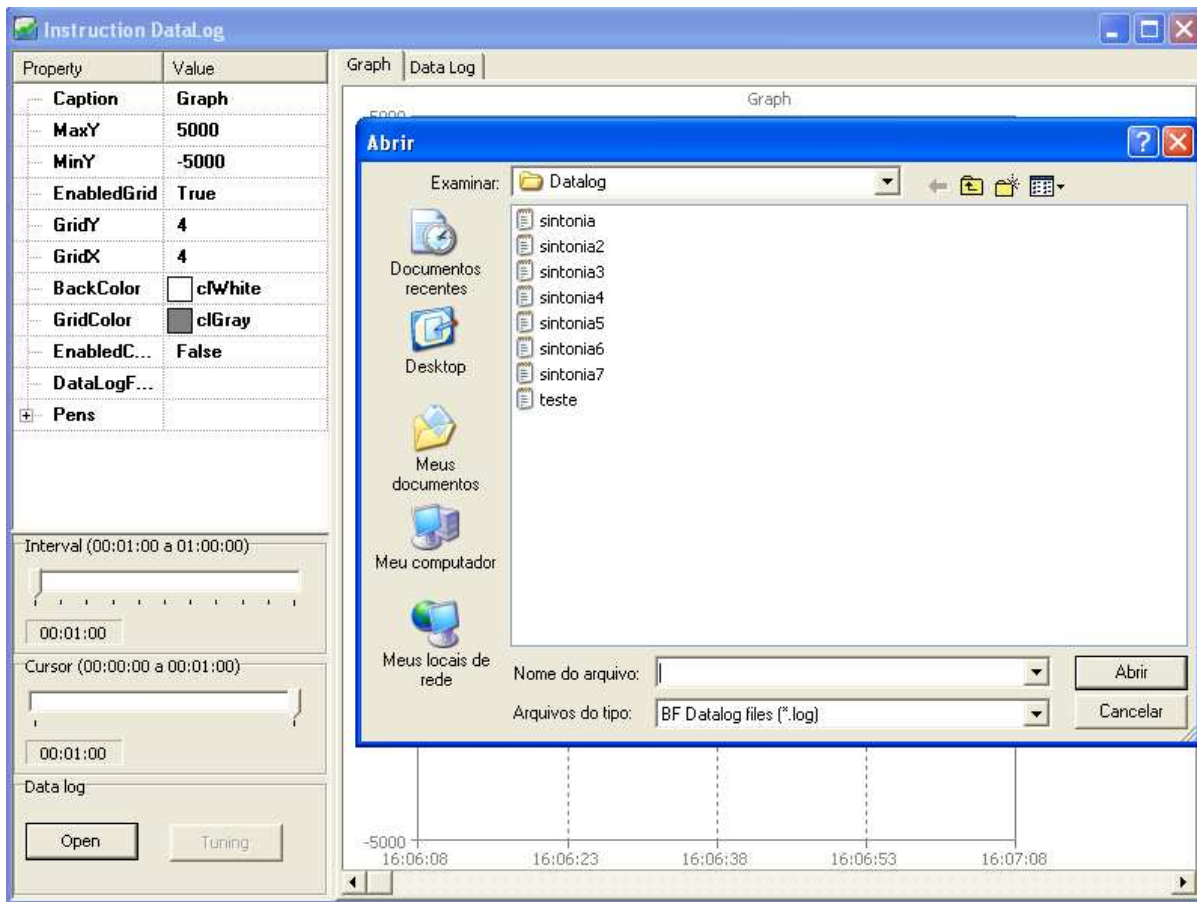
Aplique um “degrau” na saída, e aguarde até que a entrada estabilize, como mostrado na figura abaixo. Para processos de temperatura, este tempo pode levar mais de 1 hora.

Após o ajuste da curva, o DATALOG já possuirá as informações necessárias para calcular os parâmetros necessários para a sintonia do PID.



### • 3º PASSO – Visualizando histórico

Na guia Ver, selecione a opção Data Log. Na janela que se abre, procure pelo DATALOG que você gerou nos passos anteriores e clique no botão “Abrir”. Conforme mostrado na figura abaixo.



Ao abrir o arquivo, no canto esquerdo da janela (verificar na figura acima) pode-se visualizar as penas disponíveis para este modo de visualização.

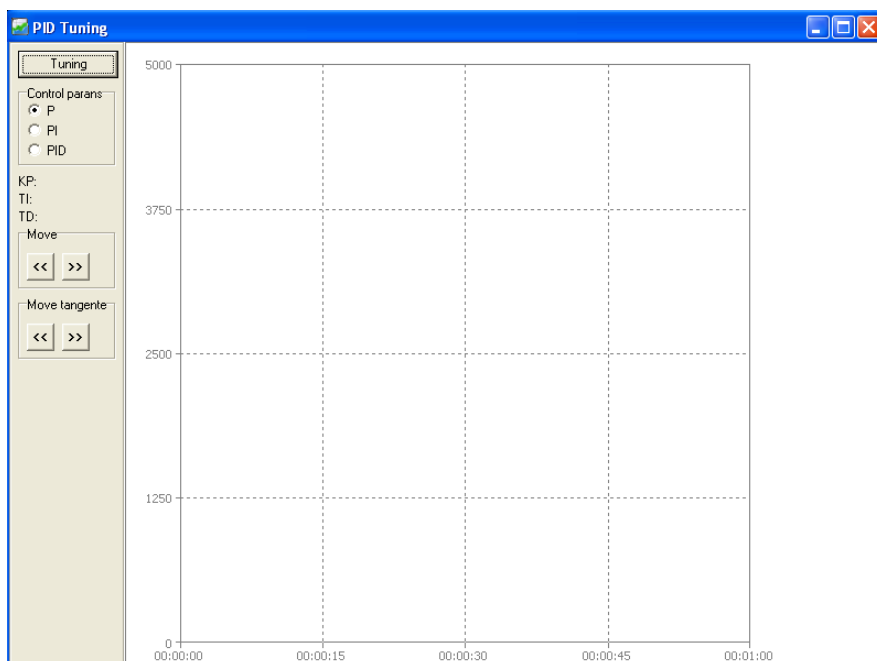
Clique na penas desejadas para visualizá-las, e ajuste os valores de fundo de escala da maneira que desejar.

Para uma melhor visualização, você pode mudar a cor das penas habilitadas para monitoração, bem como a cor de fundo e a espessura da linha da referida pena no gráfico. Para isto, abra as opções referentes a essa pena clicando no sinal positivo [+] ao lado do seu respectivo nome.

Tendo configurado as opções de visualização da maneira desejada, clique sobre o botão “Sintonia” para iniciar o processo de cálculo de sintonia.

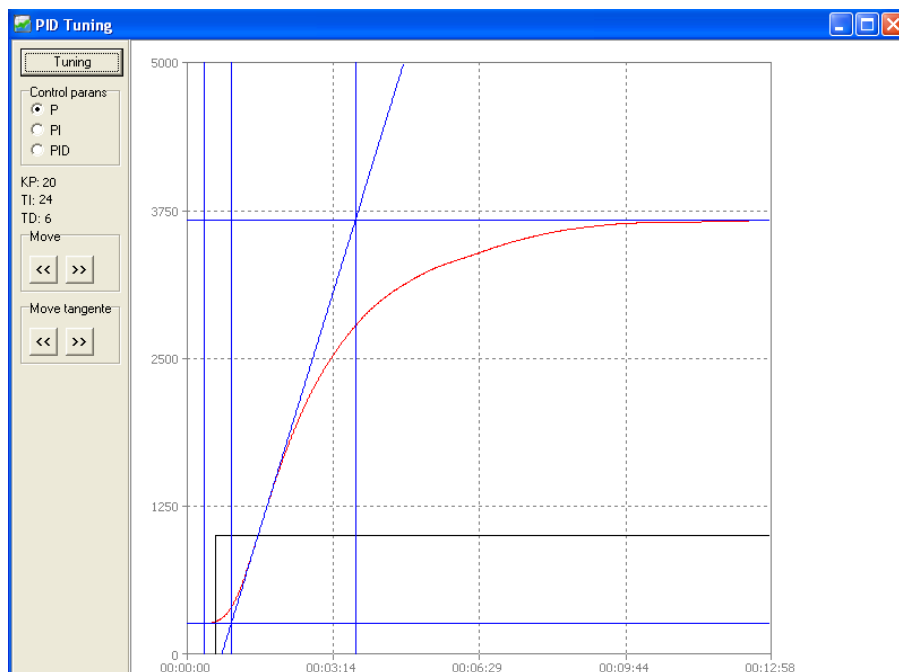
## • 4º PASSO – Sintonia pelo tipo de controle utilizado

Pressionando-se o botão “*Sintonia*” e seguinte janela será apresentada:



Nela serão mostrados os parâmetros calculados para a melhor otimização possível de seu processo, podendo você modificar a curva característica gerada pelo algoritmo, de modo a aperfeiçoar o resultado final.

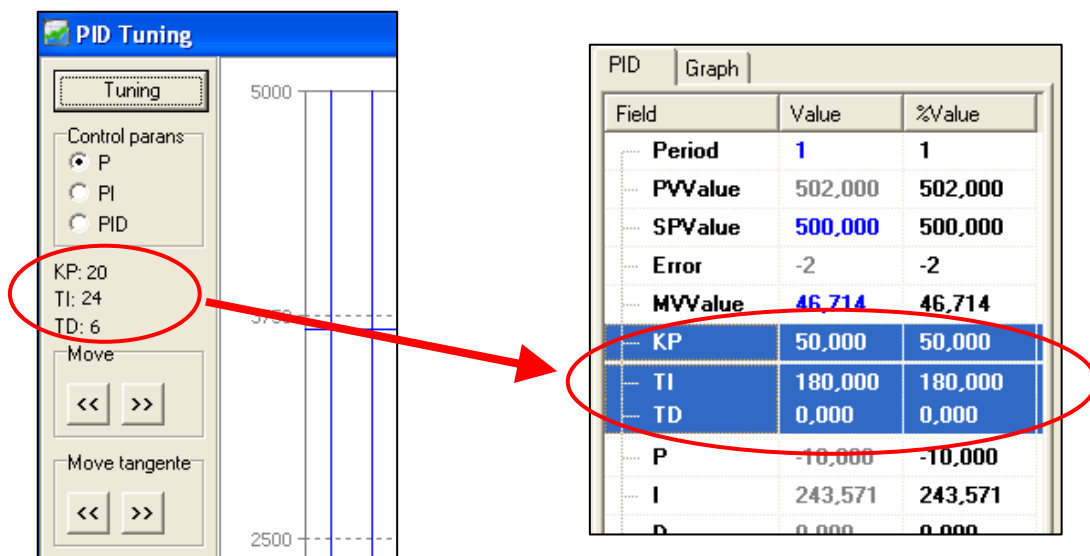
Defina o tipo de controle desejado (**P**, **PI** ou **PID**) e clique em “*Sintonizar*”. Um gráfico será gerado, indicando os valores de **Kp**, **Ti** e **Td** para a correta sintonização do controle da instrução pertencente e este gráfico, conforme mostrado na figura abaixo:



Estes valores podem ser alterados utilizando as teclas << e >> das seções “*Move*” e “*Move tangente*”. Observe que ao fazer isto, o gráfico é atualizado mostrando a nova inclinação da reta tangente gerada.

### • 5º PASSO – Passando os parâmetros para o controlador

Após ajustar a curva da janela sintonia, os valores apresentados nesta janela deverão ser transportados para a guia "PID" a janela principal do **Atos PID Analyzer**.



Feito isso, passe para modo automático e verifique se o controle está satisfatório.

# Apêndice A

