



# AN181017A

Avaliação da redução de  
consumo de ar comprimido  
em aplicação de medição  
eletropneumática com  
utilização da válvula inteligente  
Metrolog P10

Revisão 1.0 (18/10/2017)

## Resumo

Esta nota de aplicação detalha as observações experimentais relativas ao consumo de ar comprimido em um sistema de medição dimensional para diâmetro interno de 50mm, baseado em princípio eletropneumático. Condições típicas de consumo de ar comprimido em repouso, medição e escape livre são analisadas.

Os ensaios experimentais são repetidos com utilização de bloqueio controlado do fornecimento de ar comprimido com auxílio da válvula Metrolog P10.

Observações experimentais apontam economia de ar comprimido superior a 60%.

## Comentários iniciais

Ar comprimido é uma das formas de energia mais caras de geração e manutenção, podendo representar de 10% a 30% do custo de energia elétrica de uma indústria<sup>(3)</sup>.

Sistemas típicos de geração de ar comprimido possuem eficiência inferior a 15% em termos de conversão de energia elétrica em energia pneumática<sup>(1)</sup>. Avaliação das oportunidades para redução do consumo e desperdício podem se traduzir em economia financeira expressiva.

O custo de geração de ar comprimido muitas vezes é subestimado devido a grande quantidade de elementos presentes nos gastos fixos e variáveis. Os principais gastos associados a geração e utilização de ar comprimido compreendem:

- Depreciação dos investimentos em maquinário e rede de distribuição;
- Custos financeiros associados aos investimentos;
- Energia elétrica consumida pelo sistema de compressão de ar;
- Energia elétrica consumida por sistemas de tratamento (secadores, aquecedores, etc.);
- Percentual de perda por vazamentos intrínsecos da rede de distribuição;
- Custos associados a manutenção de maquinário, da rede de distribuição e seus elementos;

Adicionalmente a economia de ar comprimido se traduz diretamente na redução da emissão de gás carbônico, dióxido sulfúrico, mercúrio e chumbo, principais poluentes associados diretamente a produção de energia elétrica<sup>(1)</sup>.

Nas aplicações específicas de medição dimensional por meio do ar comprimido, usualmente conhecidas por medição eletropneumática, é comum o desperdício de ar comprimido durante troca e posicionamento de peças no ciclo de medição.

Situações de ociosidade do dispositivo de medição, como paradas do operador ou troca de turnos, também podem contribuir sensivelmente no desperdício caso bloqueio manual da rede de ar comprimido seja negligenciada.

## Montagem teste

Para avaliação do consumo de ar foi montado um sistema de medição simples, composto de um conjunto de filtros e regulador de pressão para instrumentação Metrolog REG1 (indicação #1), um sistema de medição Metrolog SD20p-USB conectado a um laptop (indicação #2), uma válvula inteligente Metrolog P10 (indicação #3) e um plug de medição (indicação #4)

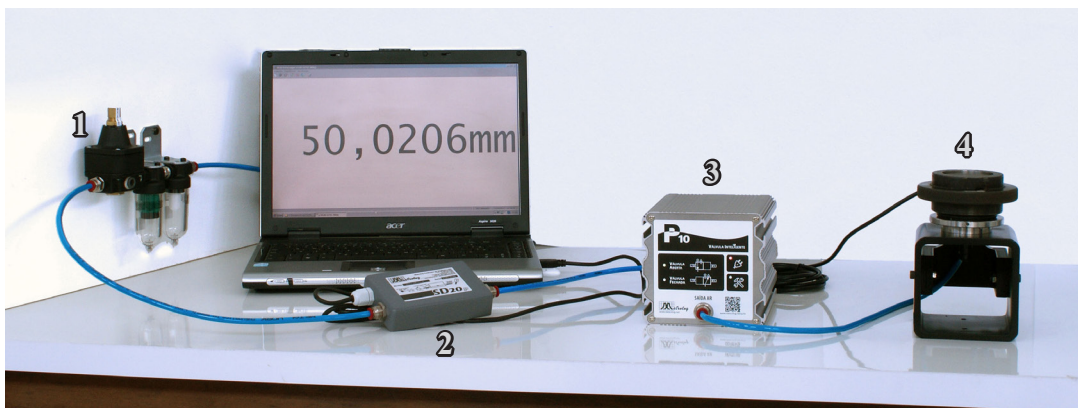


Figura 1-1. Montagem para testes

O plug de medição empregado foi projetado para inspeção de diâmetros internos de 50,020mm a 50,040mm. Adicionalmente foi posicionado um sensor indutivo Metrolog IS101 (indicação #5) para detecção da inserção/remoção de peça no plug de medição.

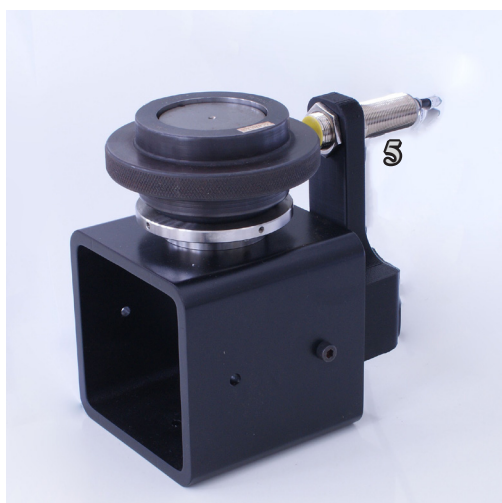


Figura 1-2. Detalhe do plug de medição e sensor indutivo IS101

As medições observadas, apesar de não estarem no escopo desse estudo, foram feitas com resolução estável de 0,0001mm. As comutações do ar comprimido pela válvula P10 não provocaram observável variação de calibração ou referenciamento de zero do sistema.

**Nota:** O consumo de ar comprimido observado nos diversos cenários de teste se assemelha em sistemas de medição empregando outros equipamentos, como colunas de medição Metrolog CP1000DuP, M10P, M20-1P, ou outros condicionadores da linha Metrolog SD20p.

## Metodologia e padrões utilizados

Os valores de consumo de ar apresentados (fluxo mássico ou molar em  $\text{Nm}^3/\text{h}$ , normalizado a temperatura ambiente de  $0^\circ\text{C}$ , pressão ambiente de 1atm e umidade relativa de 0%, conforme ISO1217-2009) foram obtidos através de ensaios de escape, com reservatório conhecido, e duração variando de 30 a 200 minutos conforme o cenário de teste.

Para os ensaios dinâmicos foram efetuados pré-ensaios com diferentes operadores para observação do tempo típico de um ciclo de medição. O ciclo de medição compreendeu a movimentação da peça (localizada ao lado do plug de medição), inserção no dispositivo, obtenção da medida após estabilização, remoção e retorno da peça para sua posição original.

Avaliando os tempos médio de ciclo de medição dos operadores definiu-se um tempo total de ciclo de **5,32s**, sendo 2,08s consumidos durante o processo de medição e 3,24s consumidos durante a movimentação da peça. Considerou-se tempo em medição o período de detecção do sensor indutivo IS101, do instante da detecção da inserção até o instante de detecção de retirada da peça.

Após definidos os tempos de ciclo foi implementado um sistema automatizado para inserção e retirada das peças, permitindo a repetição controlada de centenas de ciclos de medição.

Nos ensaios envolvendo medição, estáticos e dinâmicos, foram utilizados dois anéis-padrão com valores de 50,020mm e 50,040mm. A utilização dos anéis-padrão para simulação de peças em processo de inspeção foi feita por permitir adequada avaliação do consumo de ar nos limites extremos de tolerância do plug, e por apresentarem geometria bem definida e controlada.

## Resultados observados

### Consumo de ar comprimido em situações estáticas:

Nos ensaios estáticos efetuou-se fornecimento contínuo de ar comprimido, mantendo-se a válvula P10 continuamente aberta.

---

**Cenário #1:** Plug com vazamento livre para a atmosfera (sem nenhuma peça encaixada)  
Consumo observado: **0,89  $\text{Nm}^3/\text{h}$**

---

**Cenário #2:** Plug em medição, com o anel-padrão de 50,020mm inserido  
Consumo observado: **0,60  $\text{Nm}^3/\text{h}$**

---

**Cenário #3:** Plug em medição, com o anel-padrão de 50,040mm inserido  
Consumo observado: **0,66  $\text{Nm}^3/\text{h}$**

## Consumo de ar comprimido em situações dinâmicas:

Nos ensaios dinâmicos utilizou-se sistema automatizado para repetição de ciclo. O fornecimento de ar foi contínuo nos cenários de teste #4 e #5 (válvula P10 foi mantida continuamente aberta). Nos cenários de teste #6 e #7 repetiram-se os testes anteriores, porém com comutação controlada do fornecimento de ar comprimido com auxílio da válvula P10 e o sensor indutivo de posição IS101.

---

**Cenário #4:** Ciclo de medição usual, sem bloqueio do ar comprimido durante troca de peças, utilizando anel-padrão de 50,020mm:  
Consumo médio observado: **0,80 Nm<sup>3</sup>/h**

**Cenário #5:** Ciclo de medição usual, sem bloqueio do ar comprimido durante troca de peças, utilizando anel-padrão de 50,040mm:  
Consumo médio observado: **0,87 Nm<sup>3</sup>/h**

---

**Cenário #6:** Ciclo de medição com interrupção do fornecimento de ar comprimido durante troca de peças (acionamento da válvula P10), utilizando anel-padrão de 50,020mm:  
Consumo médio observado: **0,30 Nm<sup>3</sup>/h**

**Cenário #7:** Ciclo de medição com interrupção do fornecimento de ar comprimido durante troca de peças (acionamento da válvula P10), utilizando anel-padrão de 50,040mm:  
Consumo médio observado: **0,32 Nm<sup>3</sup>/h**

## Avaliação dos resultados

A comparação dos resultados dos cenários #4 e #5 contra os cenários #6 e #7 permite uma avaliação inicial da redução do consumo de ar comprimido com auxílio da válvula Metrolog P10. Em um cenário ideal, considerando:

- Ciclo de medição constante, com fornecimento cadenciado de peças para inspeção;
- Tempo inicial de calibração desprezível frente ao período total de medição;
- Fornecimento de ar comprimido é bloqueado durante paradas do operador (para descanso, alimentação, correção de problemas);

é possível constatar uma redução média de **62,8%** no consumo de ar comprimido para o mesmo processo de medição.

Em um cenário real, entretanto, essa economia pode assumir valores maiores, dependendo dos hábitos e procedimentos adotados pelo operador. Situações de escape livre do ar comprimido durante paradas são comuns e podem representar considerável parcela do ar total consumido diariamente pelo processo de medição. Paradas breves, para movimentação de peças ou correção de problemas inesperados, também podem aos poucos, contribuir para a parcela de ar comprimido desperdiçado.

Em um cenário real é razoável considerar um tempo médio de escape livre devido a paradas programadas (cenário #1) em torno de 15% do tempo total de medição. Nessa situação a redução média alcançaria **68,7%**, considerando que a válvula P10 bloquearia automaticamente o ar comprimido durante períodos de inatividade.

Situações intermediárias como deixar o plug de medição sem uso, porém com peça encaixada (cenários #2 e #3), reduziriam levemente o desperdício de ar comprimido, porém sem alcançar economia considerável no processo.

Apesar das variações possíveis no percentual efetivo de economia, o controle do fornecimento do ar através da válvula P10 se traduzirá em milhares de metros cúbicos de ar comprimido economizados anualmente. Em sistemas fabris com dezenas de pontos de medição, a economia global pode se traduzir em expressiva redução de custos, especialmente em energia elétrica e custos de manutenção da rede de ar comprimido.

## Referências

- (1) "Compressed Air System Economics," Improving Compressed Air System Performance: A Sourcebook for Industry, U.S. Department of Energy, Office of Industrial Technologies. Last accessed July 22, 2011.
- (2) "Air Compressor Energy-Saving Tips," University of Minnesota, Minnesota Technical Assistance Program. Last accessed July 22, 2011.
- (3) Radgen, P., Blaustein, E., 2001. "Compressed air systems in the European Union - Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions". Tech. rep., LOG X Verlag GmbH, Stuttgart.
- (4) "Reduce energy costs in compressed air systems by up to 60%," Festo AG & Co. KG White paper, Last accessed Setembro 28, 2017
- (5) ISO1217-2009 – "Displacement compressor – Acceptance tests", 4th edition
- (6) "Energy Tips – Compressed Air", Compressed Air Tip Sheet #1, August 2004, IAC at Texas A&M University

**Metrolog Controles de Medição Ltda**

Rua Sete de Setembro, 2656 - Centro

13560-181 - São Carlos - SP - Brasil

+55 (16) 3371-0112 / 3372-7800

[www.metrolog.net](http://www.metrolog.net)