

# TruePeak – TDLS200

## Tunable Diode Laser

**vigilantplant.**<sup>®</sup>

The clear path to operational excellence

### Medição de Gás Utilizando o Princípio TDLS



**Alexandre Gregoski**

**TRUE**<sup>TDLS 200</sup>**peak**<sup>™</sup>



## Oxigênio (segurança e controle)

- Refinarias
- VCM/DCE
- Cloro
- $\text{TiO}_2$ , Formaldeído, outros produtos químicos especiais

## Oxigênio & CO (combustão)

- Incineradores (MVC/DCE, processos baseados em  $\text{Cloro}_2$ , Refino, etc)
- Grandes Fornos e Caldeira (combustão em larga escala)

## $\text{H}_2\text{O}$ (umidade)

- Cloro
- Refino
- Processos químicos em geral

# Sistemas de amostragem

## *Os problemas:*

- **Tempo de resposta lento**
  - Solucionado pelo aumento da vazão
  - Resultando em uma perda elevada de gás
- **Precisão**
  - A amostra é alterada no condicionamento
- **Confiabilidade Reduzida**
  - Possibilidade de entupimento nos filtros
  - Requerem manutenção frequente
  - Alteração na amostra!!!!
- **Custo Elevado**
  - De Manutenção
  - De instalação e operação

# TruePeak TDL

## *A Solução:*

### Melhor que os princípios convencionais

- **Análise *In Situ***  
(sem condicionamento de amostra)
- **Resposta Rápida** (1-20 segundos)
- **Rejeição de Interferência**  
(obstrução da luz alta ou variável)
- **Pressão de Processo** até 20 Bar
- **Temperatura de Processo** até 1500 °C
- **Medição Óptica**  
(Sem contato do sensor com o processo)
- **Opções para processos agressivos**  
(i.e. – alto teor particulado, gases corrosivos)
- **Flexibilidade de Instalação**

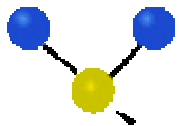


# Princípio de Funcionamento

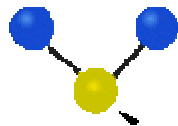
# Infravermelho – Vibração & Rotação

A medição com o TDL (Tunable Diode Laser, ou Diodo Laser Sintonizável) é baseada na espectrometria por absorção. O analisador consiste em um laser que emite luz infravermelha, lentes ópticas para polarização do feixe e finalmente um detector. A unidade eletrônica controla a emissão do laser e o detector converte o sinal recebido em um valor que representa a concentração do gás.

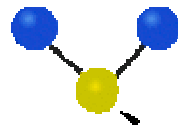
**Symmetrical stretching**



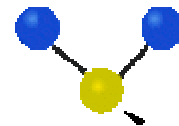
**Antisymmetrical stretching**



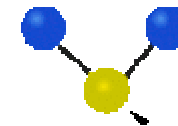
**Scissoring**



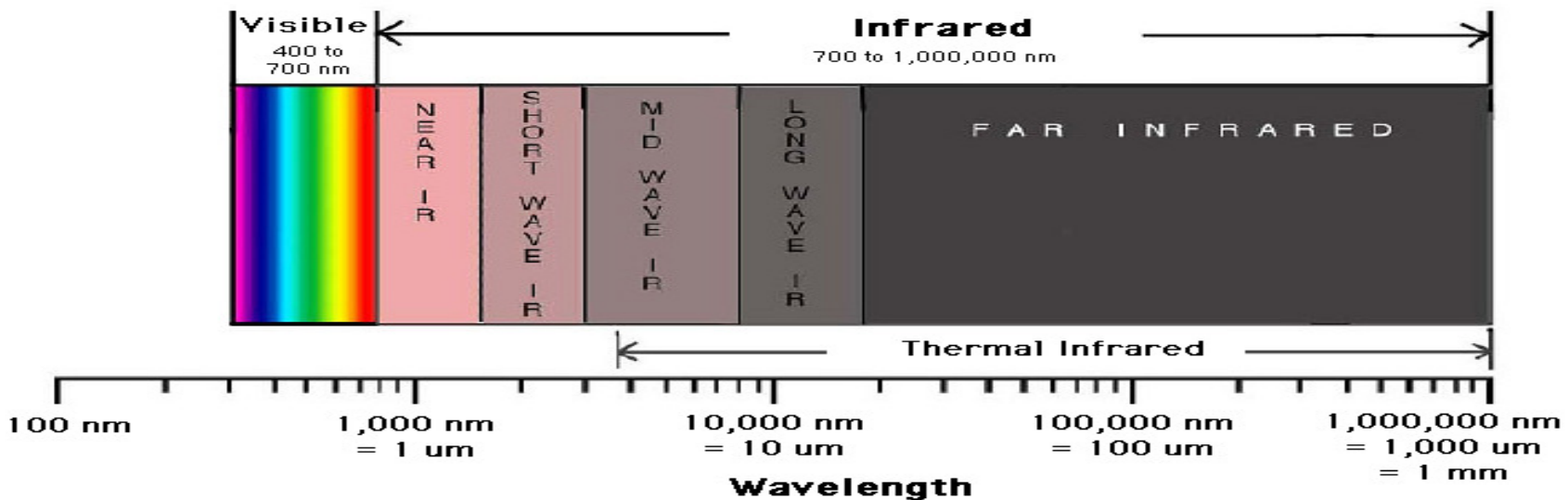
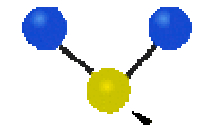
**Rocking**



**Wagging**



**Twisting**



## Infravermelho Convencional

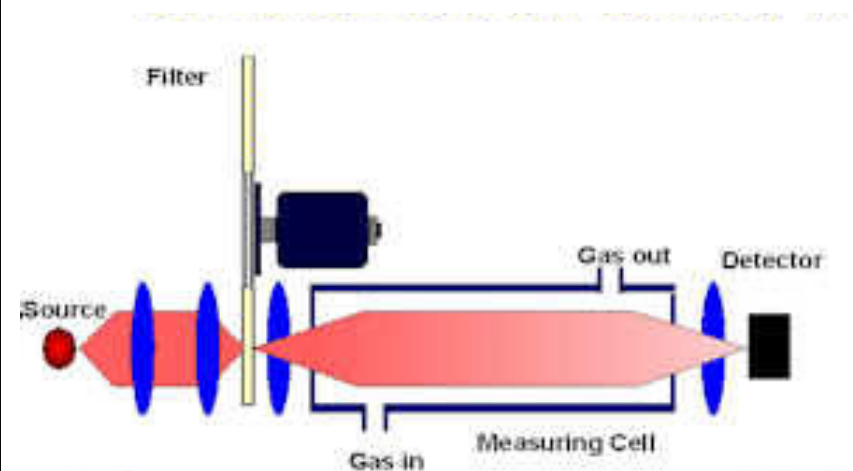
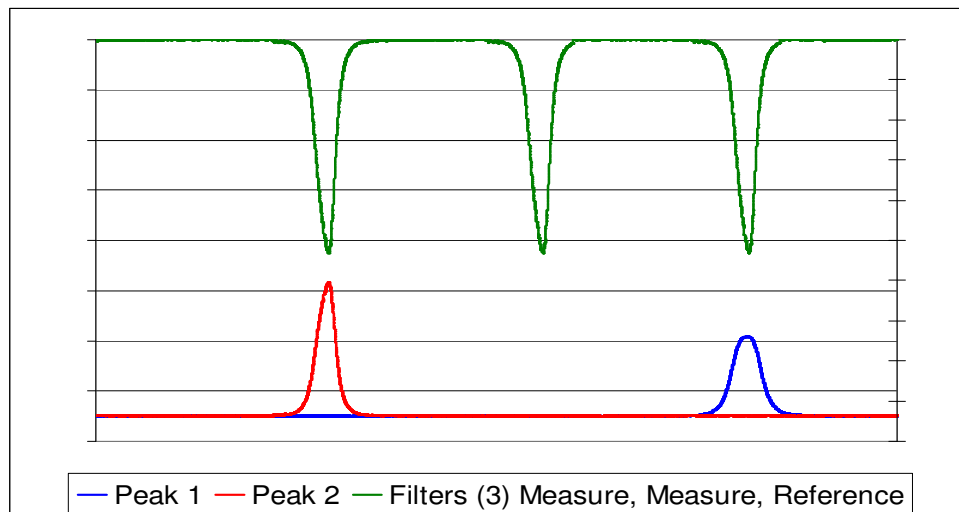
Nós estamos acostumados a ver os espectros da forma abaixo:

- Picos suaves, sem a estrutura fina

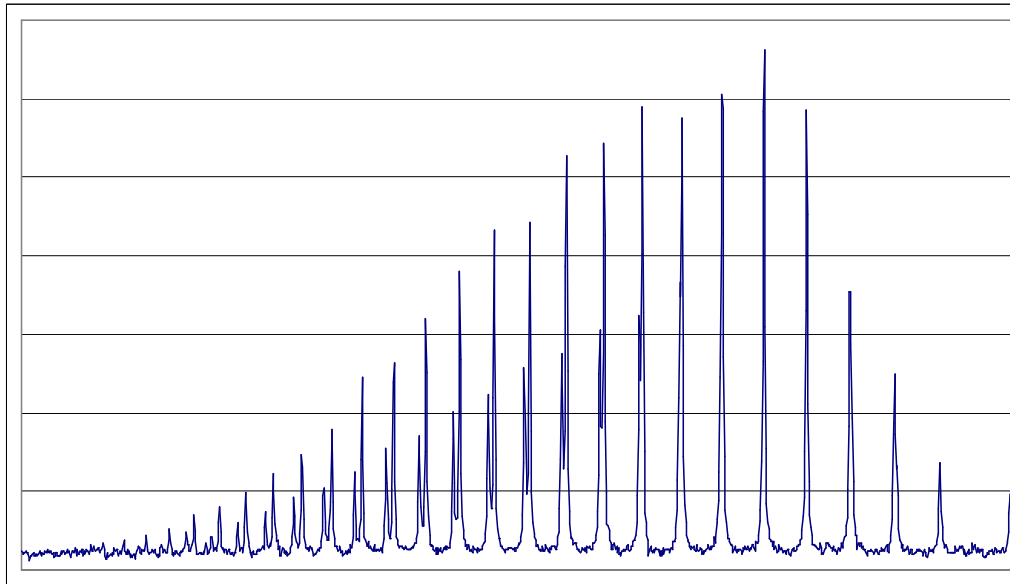
Os fotômetros operam em uma resolução muito baixa (tipicamente o filtro infravermelho é de 10-20nm) e não podem medir a estrutura fina.

Em função disso, os fotômetros são limitados a medições em grandes áreas de absorção.

Para se ter uma medição sem interferência, não pode haver nenhum componente sobreposto na área de absorção dos filtros.



## Estrutura de Pico Fina



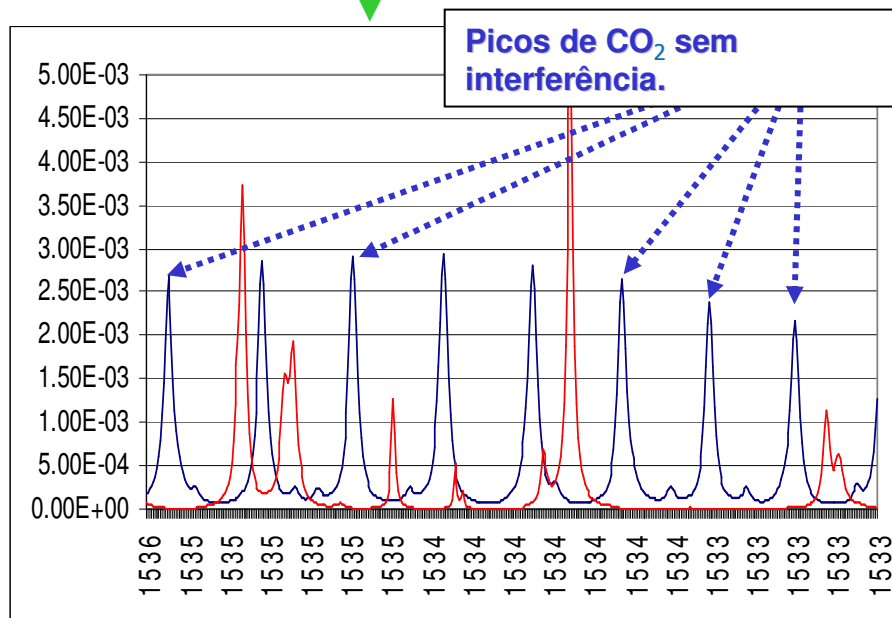
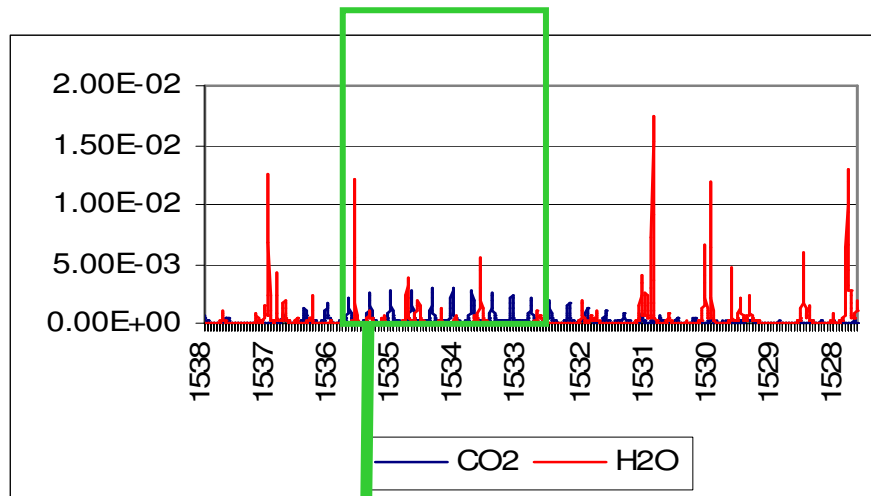
Em uma alta resolução, alguns gases apresentam uma estrutura de pico fina (picos dentro de picos). Cada pico, normalmente, é bem definido e bem separado.

Exemplos: CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HF, HCl, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

Enquanto a faixa completa de absorção é tipicamente de dezenas de nanômetros (nm), cada pico individualmente possui uma largura de 0,1 ~ 0,2 nm.



# Interferência de Espectro

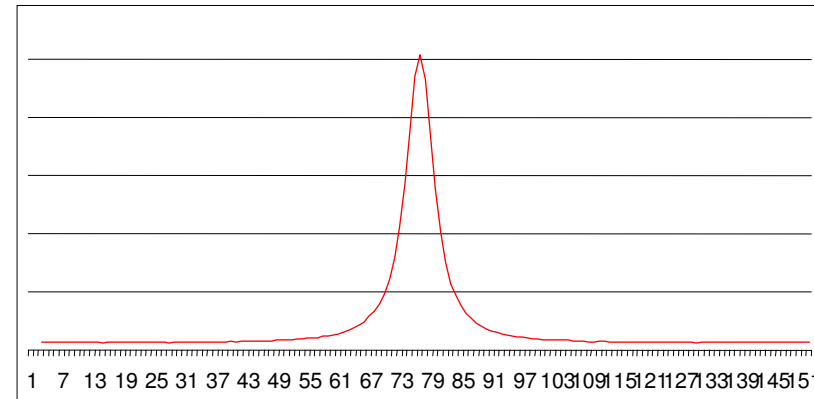
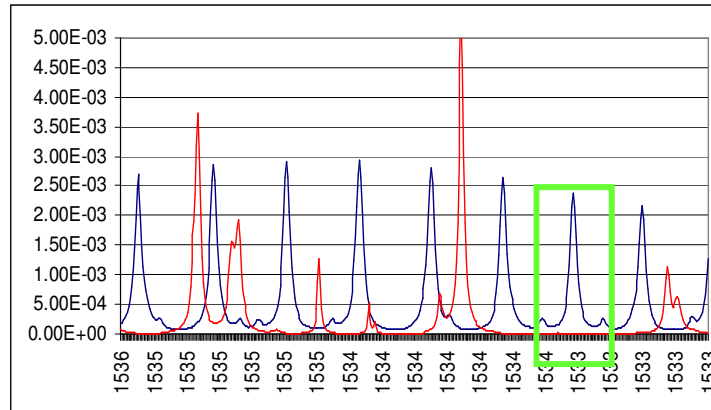


10nm (largura típica do filtro óptico)  
espectro de CO<sub>2</sub> e de H<sub>2</sub>O.

Um espectrômetro de baixa  
resolução (fotômetro de filtro)  
representaria essa faixa como um  
único valor de absorbância.

Não é possível a separação entre o  
espectro do CO<sub>2</sub> e da H<sub>2</sub>O. O  
resultado é a interferência do  
espectro da H<sub>2</sub>O na medição do CO<sub>2</sub>.

# Espectroscopia de Pico Único



Diodos lasers possuem uma emissão com comprimento de onda bastante estreito, tipicamente uma largura de 0,00004nm, o que permite centenas ou milhares de pontos através do pico.

Portanto, eles podem focar em um único pico bem definido que não possua nenhuma sobreposição.

O laser faz uma varredura na banda de absorção, medindo o pico e a linha de base.

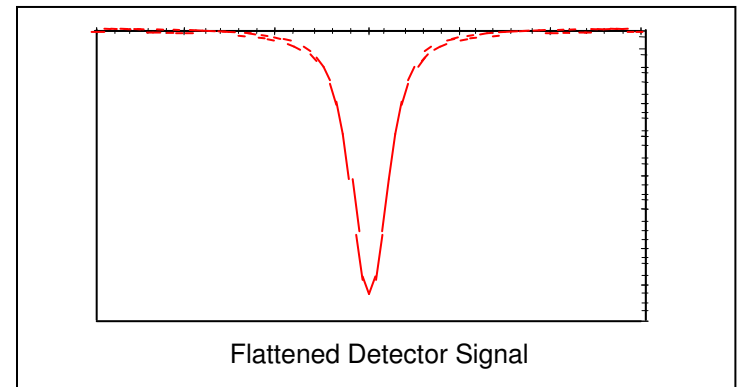
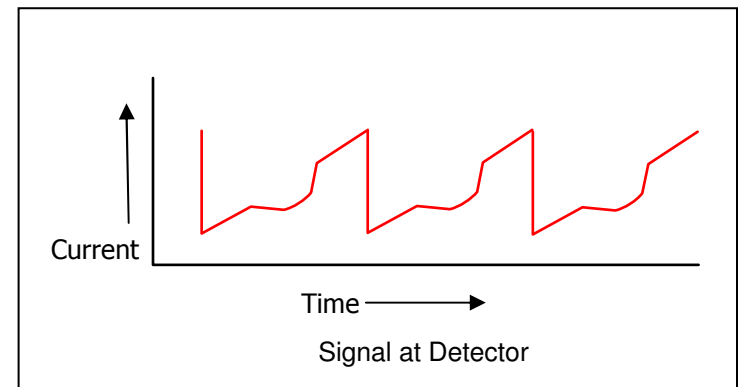
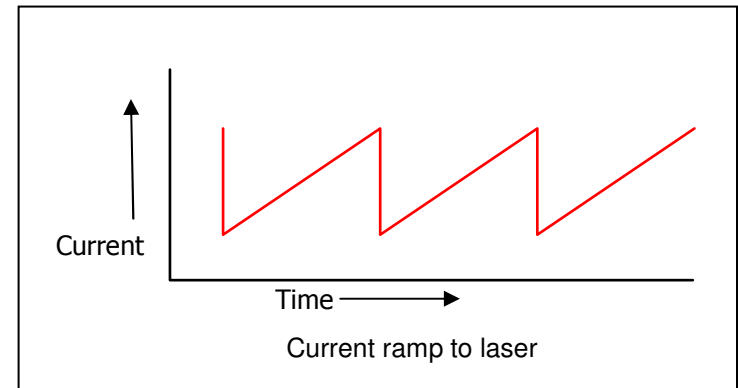
## Operação – TruePeak TDL

O laser é mantido em uma temperatura fixa para ajuste grosso do comprimento de onda

Uma rampa de corrente é enviada ao laser para fazer o ajuste fino do comprimento de onda

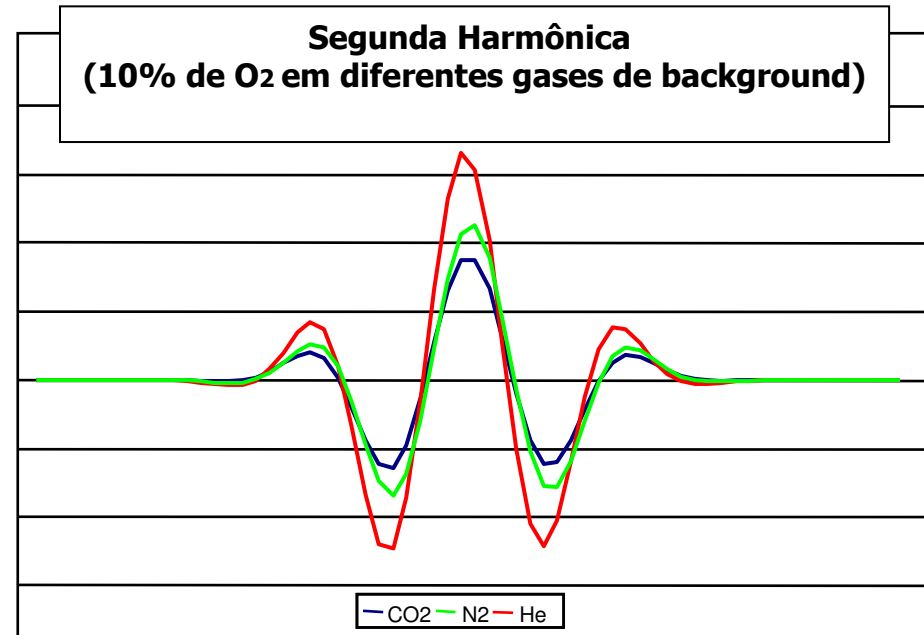
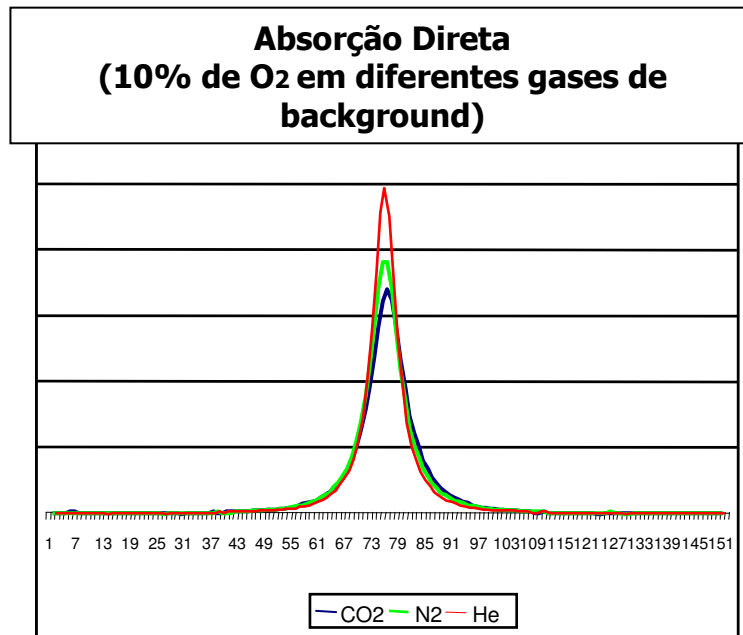
A luz polarizada passa pelo gás a ser medido. A quantidade absorvida pelo gás é proporcional à concentração do analito

A luz então é direcionada para um detector e o sinal gerado é proporcional à luz absorvida pelo analito



## 2ª Geração de TDLs

As duas técnicas mais comuns de medição são **Absorção Direta** (espectro da esquerda) e **Segunda Harmônica** ou  $2f$  (espectro da direita)



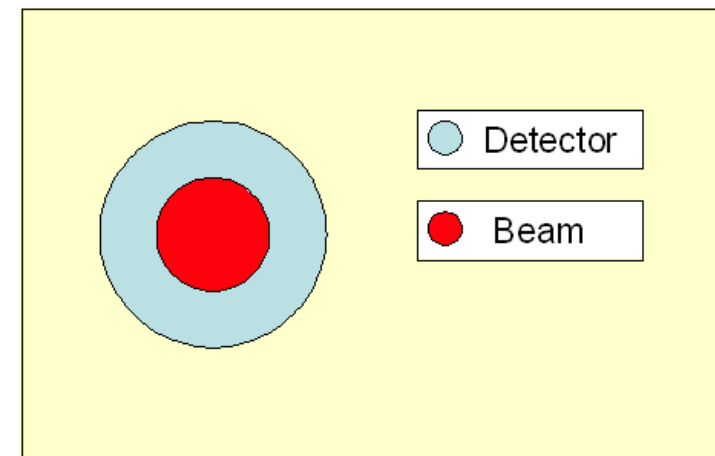
Gases de background afetam a forma do pico de absorção, **a área do pico não é afetada e a altura do pico da  $2f$  é afetada.**

## Benefícios do TDL

**Sensibilidade.** Máximo de  $10^{-6}$  (ppm), pode ser menor em função do passo óptico

**Seletividade.** O feixe estreito do laser é capaz de identificar uma única linha de absorção. Isso proporciona mais opções de picos, normalmente possibilitando o uso de um único pico isolado para a medição.

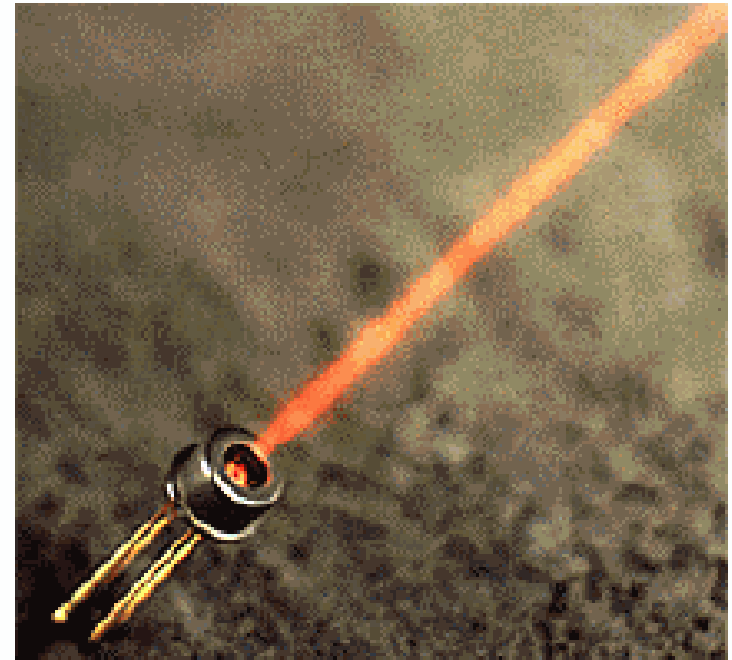
**Potência.** O diodo laser possui potência entre 0,5mW e 35mW e um feixe altamente concentrado, o que permite medições em gases com teor de particulado elevado.



## Benefícios do TDL

**Monocromático.** Não é necessário elemento não dispersivo (filtro, etc.). A própria fonte luminosa é seletiva.

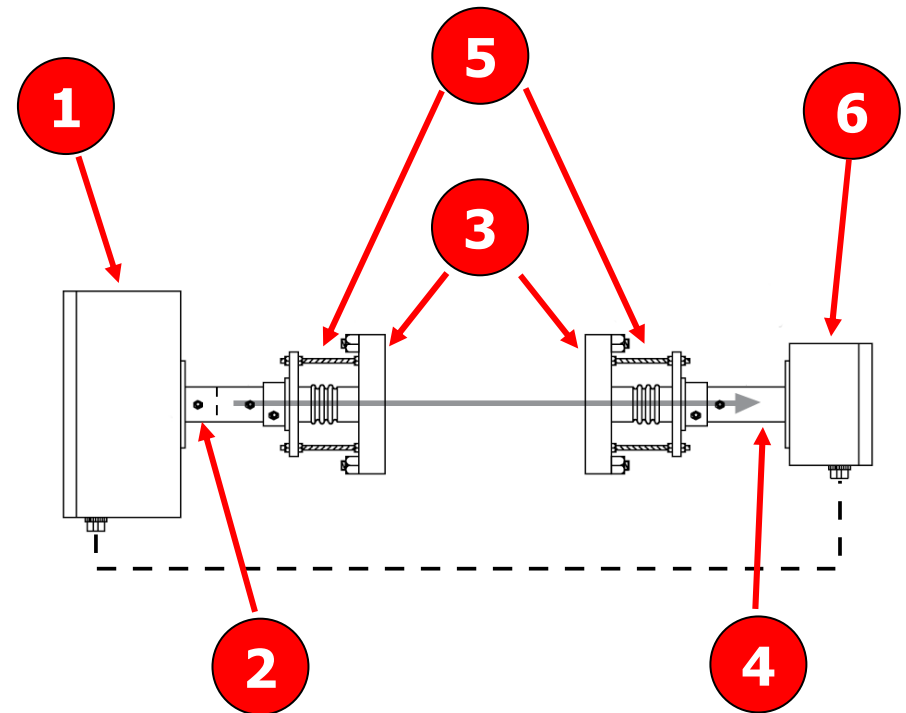
**Sintonizável.** Comprimento de onda pode variar através de todo espectro de absorção, isso permite a medição ressonante (pico) e não-ressonante (linha de base) durante cada varredura. Medindo a linha de base e o pico, a potência absorvida pelo detector pode variar muito e rapidamente sem afetar a medição. Isso é útil em aplicações com alto teor de particulado.



# Os Produtos

# Analizador TDL TruePeak

1. **Unidade Eletrônica**, consiste de:
  - CPU & software para processamento de sinal
  - Aquisição de dados
  - Controle de temperatura e corrente do Laser
  - Interface com usuário e display
  - Hardware de comunicação (Ethernet, saídas analógicas)
2. **Módulo do Laser** (interno), consiste de:
  - Laser
  - Colimador
  - Suporte para o Laser
  - Câmara de validação
3. **Conexão do Processo**, consiste de:
  - Flanges (2-4")
  - Janelas de isolamento ao processo (selada)
4. **Módulo do detector** (interno), consiste de:
  - Detector
  - Lente de foco
  - Suporte do detector
5. **Mecanismo para alinhamento**
6. **Eletrônica do detector**

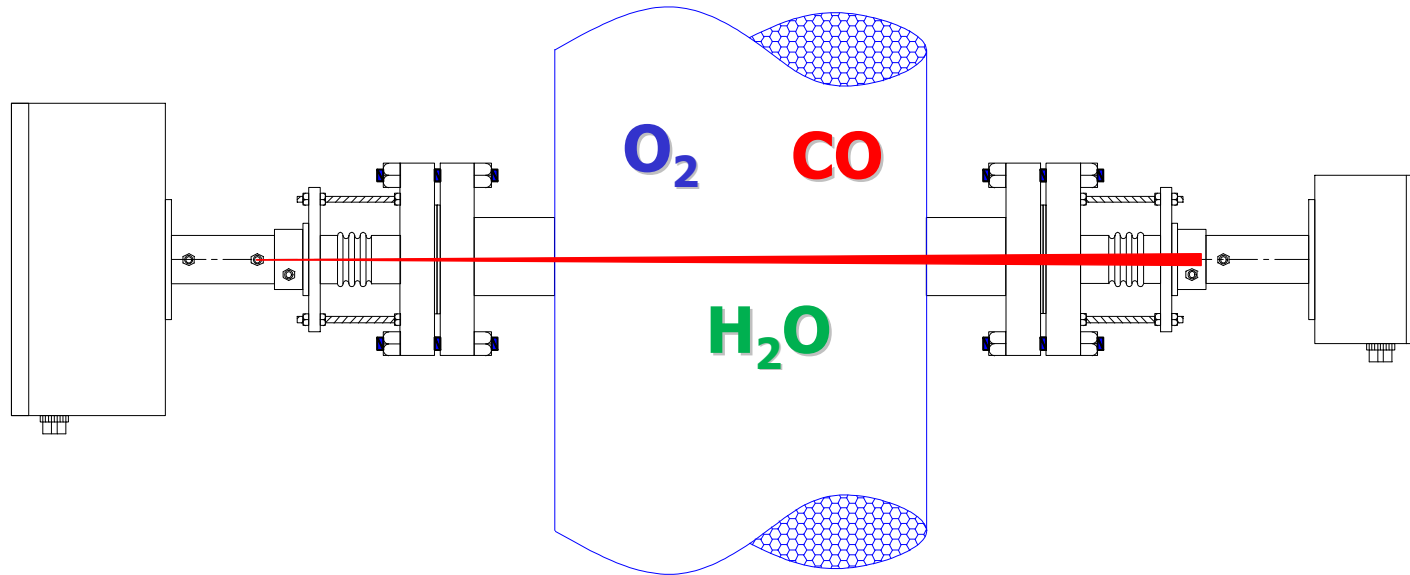




# Medições possíveis

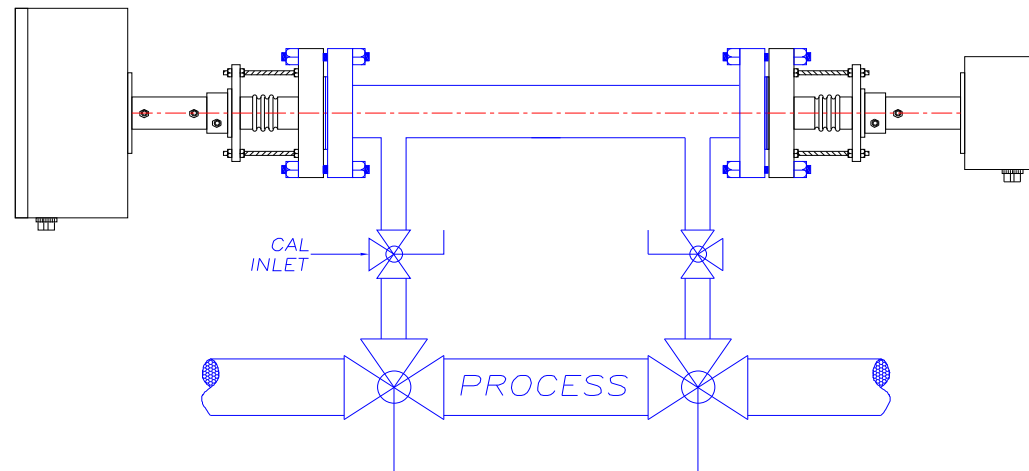
Oxigênio < 600 °C, faixa 0-1% até 0-25%	2000-3200-A
Oxigênio < 1500 °C	2000-3202-A
Oxigênio (<1500 °C) & Temperatura	2000-3204-A
Oxigênio (>1500 °C) & Temperatura	2000-3210-A
Monóxido de Carbono (ppm) <500 °C	2000-3212-A
Monóxido de Carbono (ppm) <1500 °C	2000-3214-A
Amônia 0-3000 ppm	2000-3240-A
Amônia <0-500 ppm	2000-3242-A
Sulfeto de Hidrogênio 0-50% range	2000-3244-A
Dióxido de Carbono (range alto) ( 0-1; 0-5%)	2000-3230-A
Dióxido de Carbono (range estendido) (0-5;0-50%)	2000-3232-A
Água (ppm, faixa min 0-30ppm) background com Cloro	2000-3220-A
Água (ppm) background sem HC	2000-3222-A
Água (ppm) background com HC	2000-3224-A
Umidade Nível Alto (H <sub>2</sub> O) faixa min 0-5%	2000-3226-A

# Opções de Instalação



- **Através da CHAMINÉ/TUBO (*IN SITU*)**
  - Medição através do processo
  - Medição integral ao longo do passo óptico
  - Opções de validação
    - » Verificação offline /calibração com célula de calibração
    - » Verificação online /calibração por picos dinâmicos

# Opções de Instalação

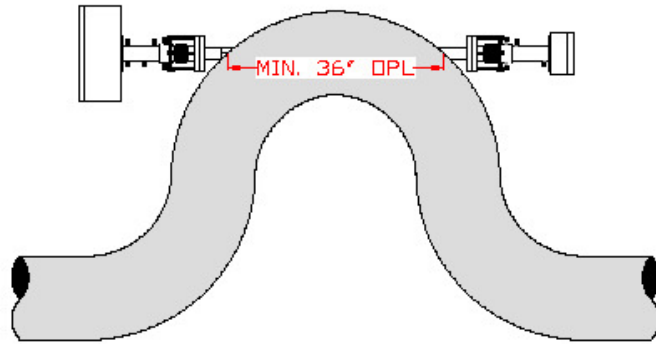


## BYPASS

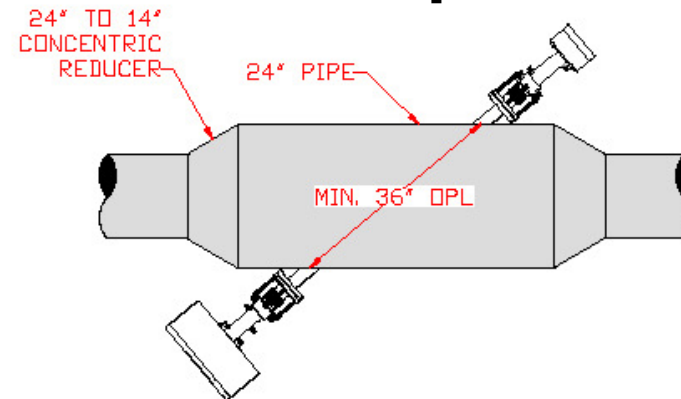
- Processo passa através de um by-pass - ou-
- Processo é totalmente desviado através de um by-pass
- Permite isolar o processo
- Opções para validação
- Tubo de diâmetro grande
  - Isolado do processo, com gás padrão
  - Verificação online com picos dinâmicos

## CÂMARA DE FLUXO

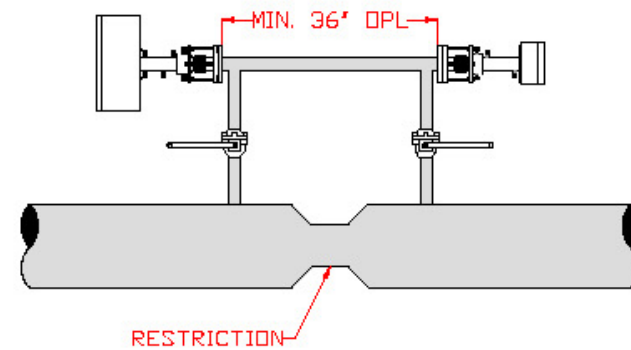
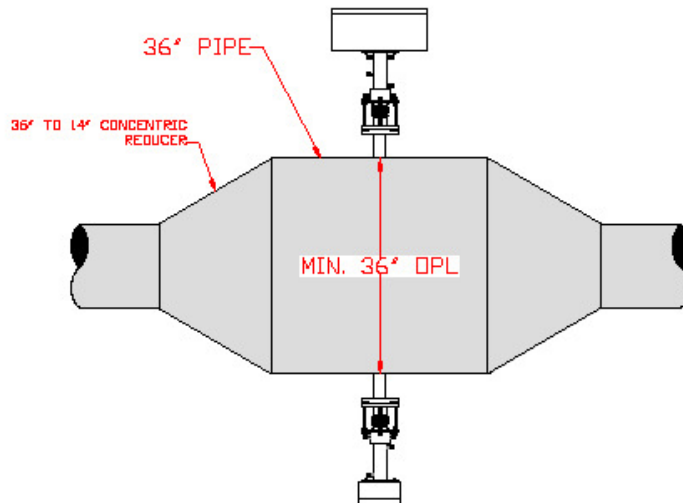
- Circulação da amostra através de uma câmara de fluxo
- Opções de validação
  - Isolado do processo, com gás padrão



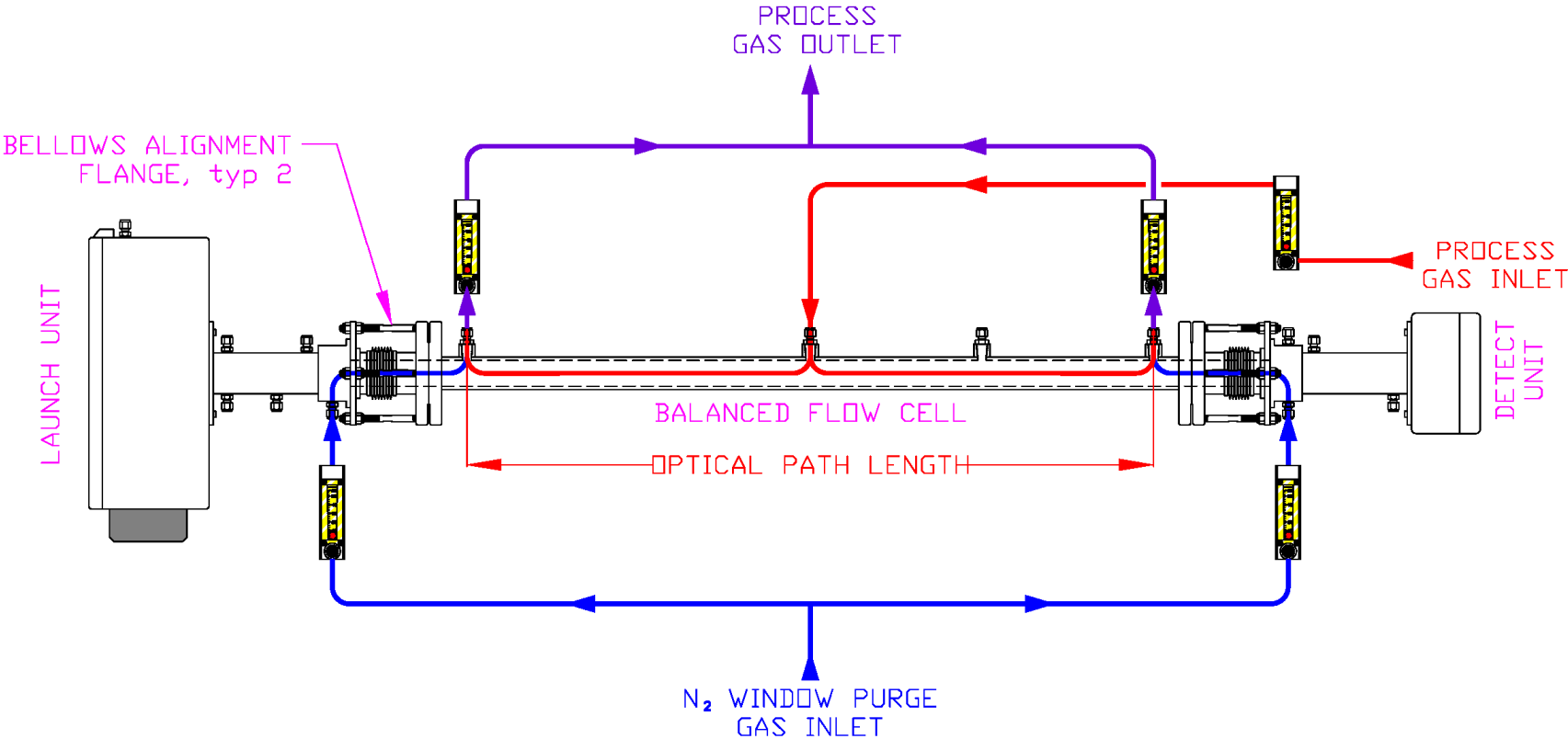
## Vista Superior



## Vista Superior



# SOLUÇÃO EXTRATIVA



## PAINEL DE UTILIDADES

- O Painel de Utilidades abriga os seguintes componentes:
  - Suprimento de Nitrogênio para as purgas
  - Suprimento de gases de Calibração
  - Controle das Purgas
  - Controle da Calibração
  - Entrada 110VCA e saída 24VDC para cada analisador
  - Sinais analógicos
  - Sinais digitais
  - Interface do analisador
  
- A Yokogawa fornece um cabo único para alimentação e sinais, que é conectado entre o painel de utilidades e a unidade emissora
  
- Painel de utilidades pode ser usado para 1 até 4 analisadores

# PAINEL DE UTILIDADES SIMPLES



# PAINEL DE UTILIDADES DUPLO

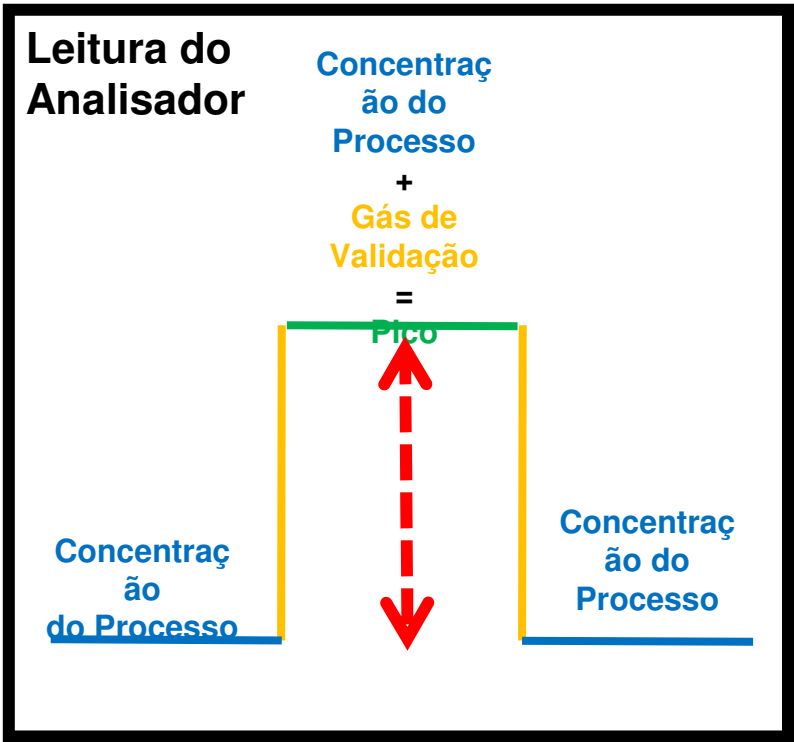
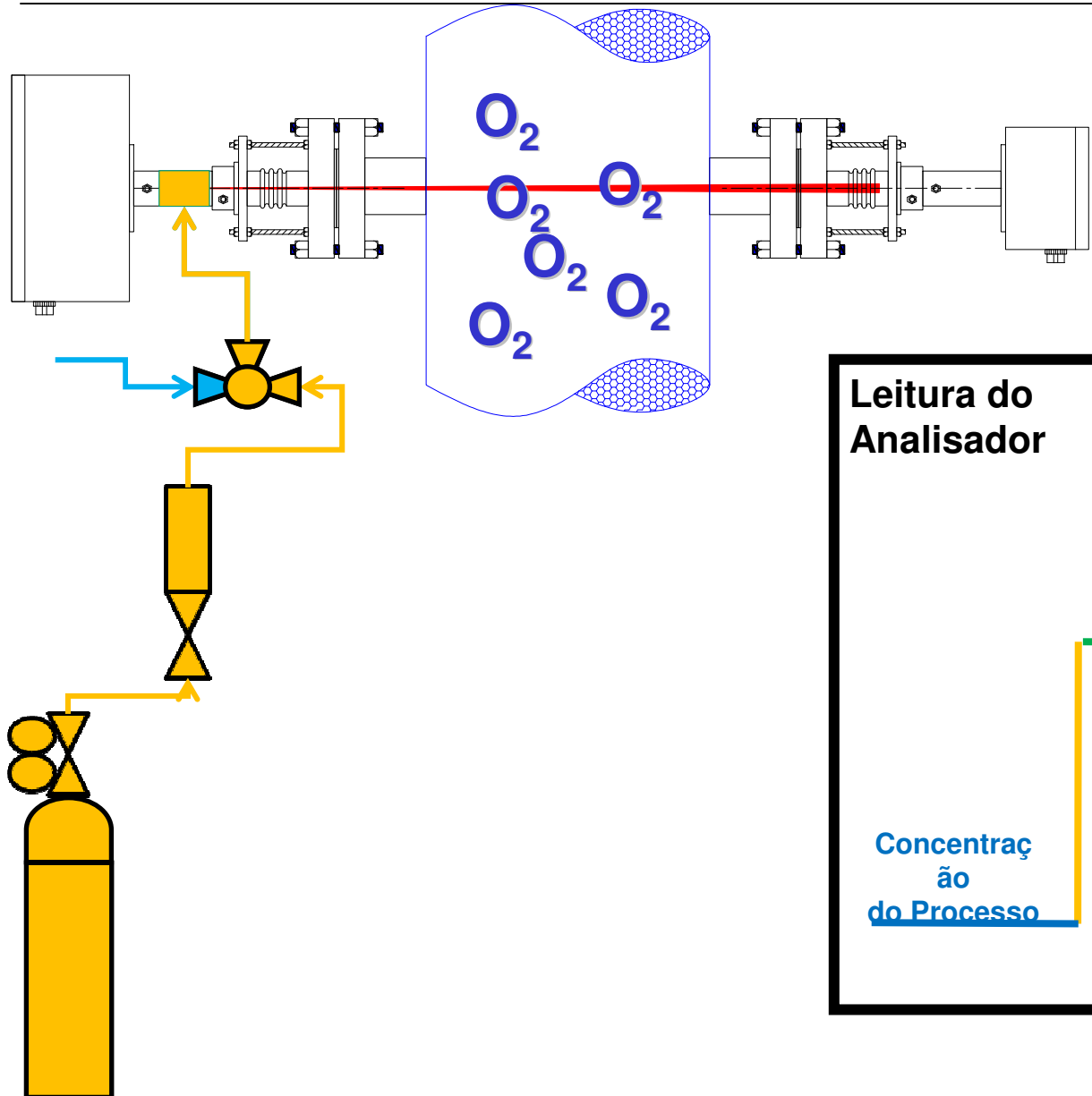




# PAINEL DE UTILIDADES PARA 4 ANALISADORES

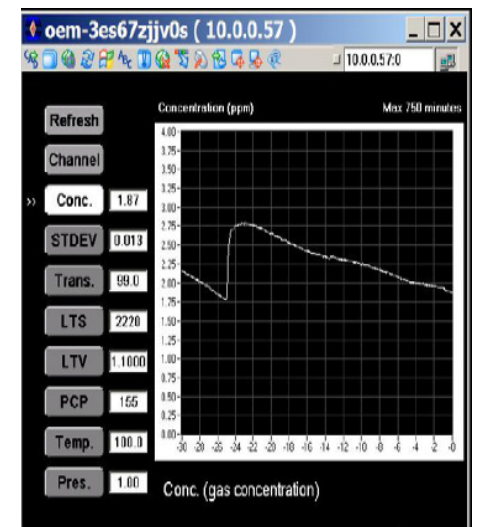
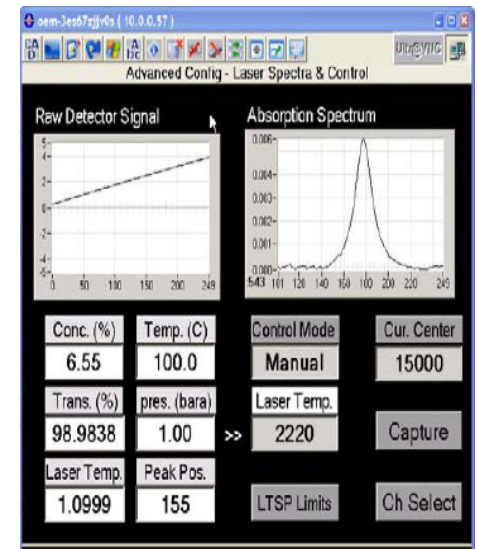


# VALIDAÇÃO AUTOMÁTICA



# Manutenção

- **TODOS COMPONENTES SÃO REPARÁVEIS EM CAMPO**
- **REAL ISOLAMENTO DO PROCESSO**
  - não é afetada pelo alinhamento das lentes
- **MEDIÇÃO SEM CONTATO**
  - Indiferente às condições agressivas do processo
- **REGISTRO CONTÍNUO**
  - dos resultados, diagnósticos e espectro
  - não é requerido PC externo
- **DADOS DO HISTÓRICO SEMPRE DISPONÍVEIS**
- **DIAGNÓSTICOS REMOTO**
  - via Ethernet ou cartão de memória USB
- **INDICAÇÃO DE OPERAÇÃO POSITIVA**
  - atenuação da luz (falha do laser, falha do detector, contaminação óptica, etc) é imediatamente identificada
  - vários métodos de validação



## Opções de Interface com o Processo

### OPÇÕES:

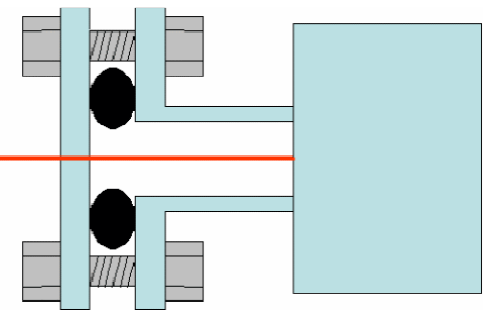
316L, C-276, M400, Ti Gr2, Alloy 59, RA330 e outros materiais estão disponíveis.

Metal-metal, Chemraz, TFE, e outros materiais de selo estão disponíveis (não limitado a gaxetas flexíveis)

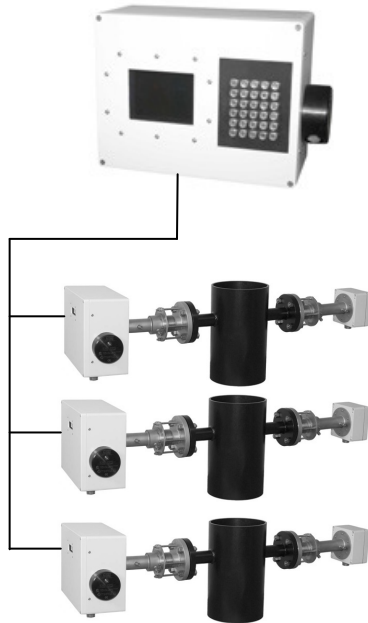
Tubos de inserção para redução do passo óptico para aplicações com alto teor de particulado.

Aberturas, o-rings e partes metálicas molhadas disponíveis para aplicações perigosas.

Purga das janelas disponível nas aplicações *in situ* e câmara de fluxo.



# Comunicações



## UNIDADE REMOTA DE INTERFACE

- Não é necessária para a operação do sistema
- Permite comunicação de campo multi-unidades
- Conecta 1-7 analisadores com CPU/Teclado/Display central
- Display Integral X40 smart VFD (informação cíclica) ou teclado com LCD 7”

## STAND ALONE

- Interface PDA para área segura ou classificada
- Display integral 4X40 smart VFD (informação cíclica)
- Teclado com LCD 7”
- Interligado (cabos)



# Aplicação em Controle de Combustão

# Controle de Combustão

## Eficiência

- Redução do consumo de combustível

## Objetivo

- Maximizar geração de calor

## Emissões

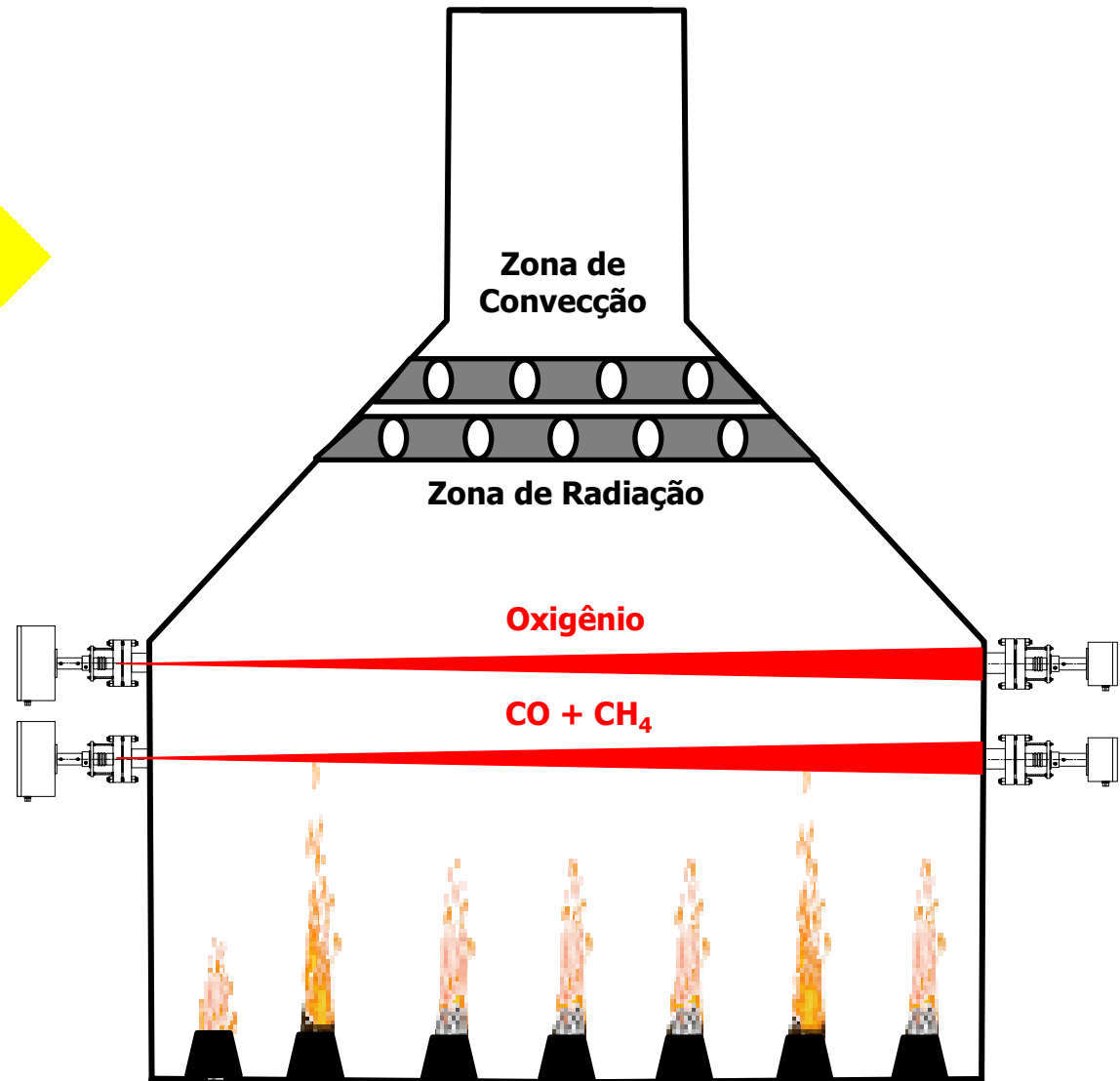
- Redução de poluentes
- NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>

## Segurança

- Identificar situações de risco

- Medição de **Oxigênio, CO e Metano NO PROCESSO em ALTA TEMPERATURA**
- Medição através de múltiplos queimadores para melhorar segurança e precisão
- Tempo de resposta baixo (5 segundos) para controle avançado e preciso

**CONTROLE AVANÇADO, BAIXO CUSTO DE COMBUSTÍVEL, EMISSÕES REDUZIDAS, SEGURANÇA AUMENTADA**

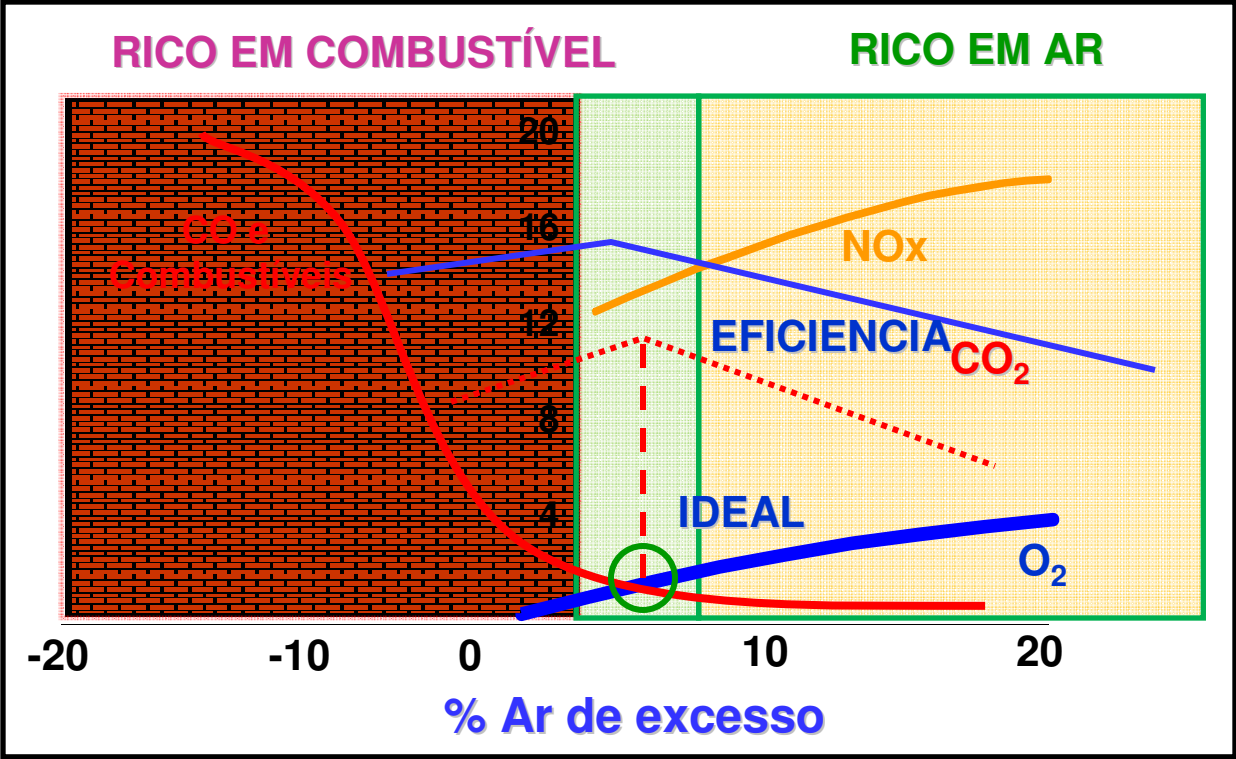


## Oxigênio

– Medição primária da eficiência da combustão. Fácil de usar para controle

## CO

– Ideal para set point medição (ar de excesso)





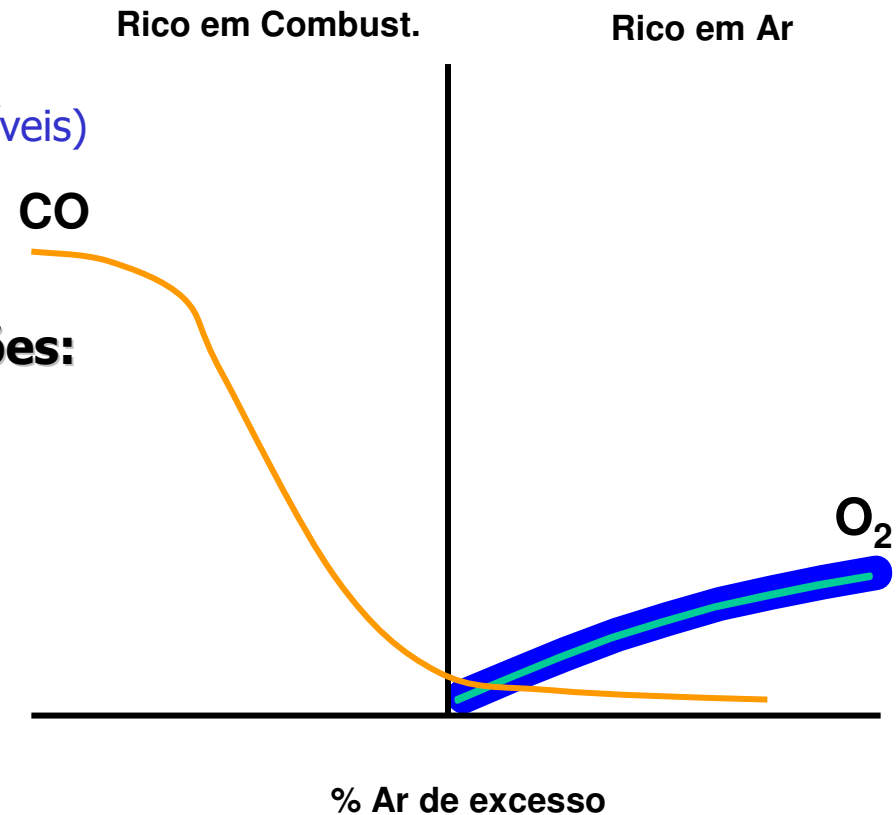
# Qual o valor correto do Ar de Excesso?

## O menor possível desde que:

- Não comprometa segurança (combustíveis)
- Não ocorra geração de CO

## Valor absoluto depende das condições:

- Tipo de Combustível
- Poder calorífico do combustível
- Tipo do queimador
- Variação na umidade
- Variação na densidade
- Variação na carga
- Envelhecimento do queimador



**A medição de CO determina o set point do O<sub>2</sub>**

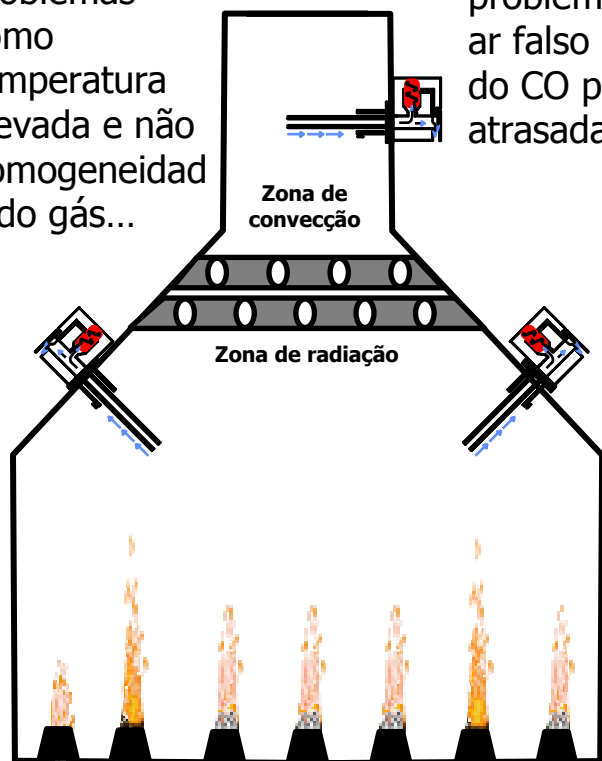
## Tradicional

Com a medição tradicional temos que fazer uma escolha difícil....

Medir na zona de radiação e enfrentar problemas como temperatura elevada e não homogeneidade e do gás...

OU

Medir na zona de convecção e enfrentar problemas como ar falso e variação do CO por queima atrasada.



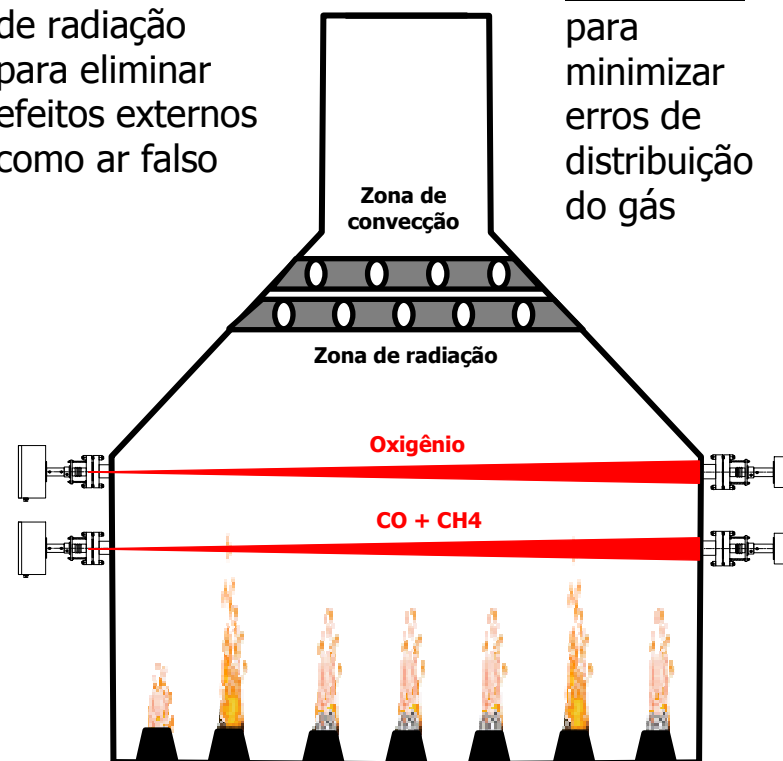
## TRUEpeak

Com o TruePeak temos a melhor solução

As medições de  $O_2$  e CO podem ser feitas na zona de radiação para eliminar efeitos externos como ar falso

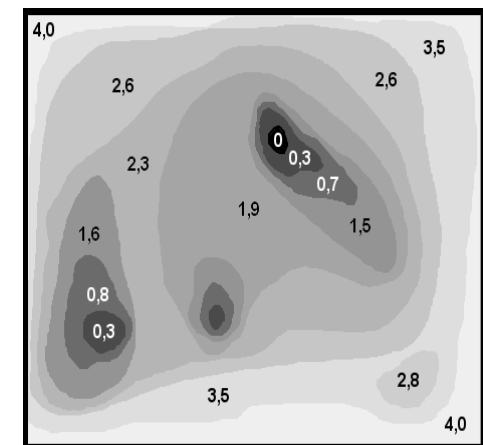
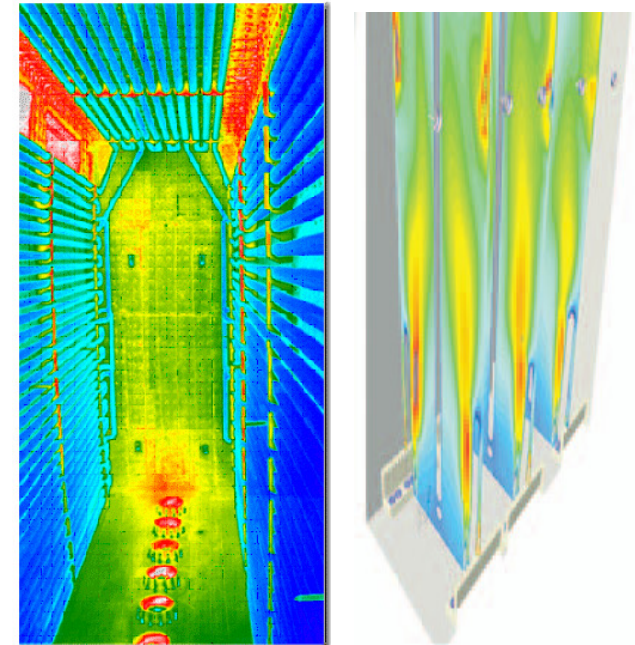
E

Através da câmara de combustão para minimizar erros de distribuição do gás



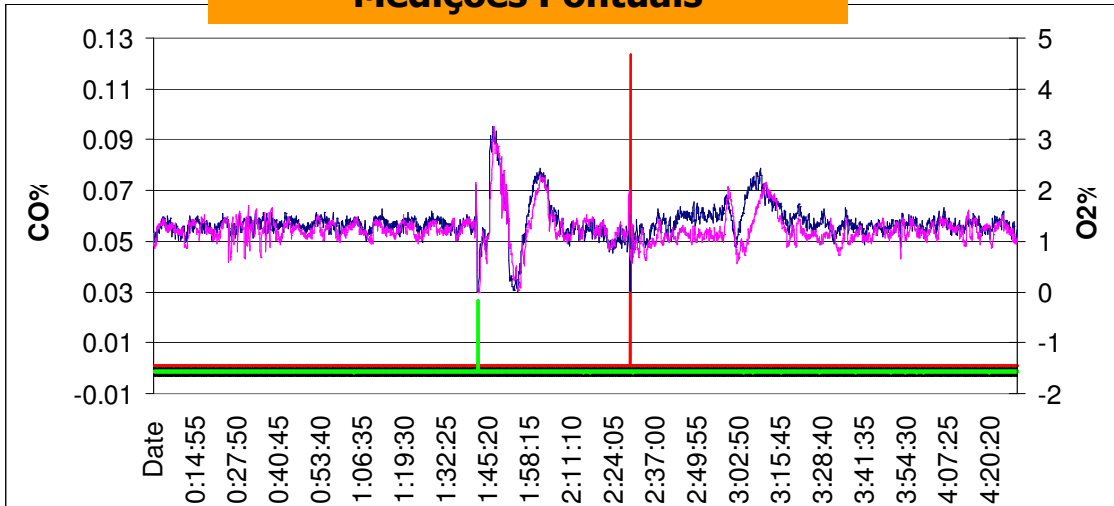
## Pontual vs. Seção Média – cobertura e erros de distribuição

- As concentrações de O<sub>2</sub> e CO podem ter variações grandes (vertical e horizontal)
- Distribuição Vertical
  - Oxigênio devido a ar falso (vazamentos)
  - CO devido a queima atrasada (reação contínua)
- Distribuição horizontal devido a variação nos queimadores e vazão



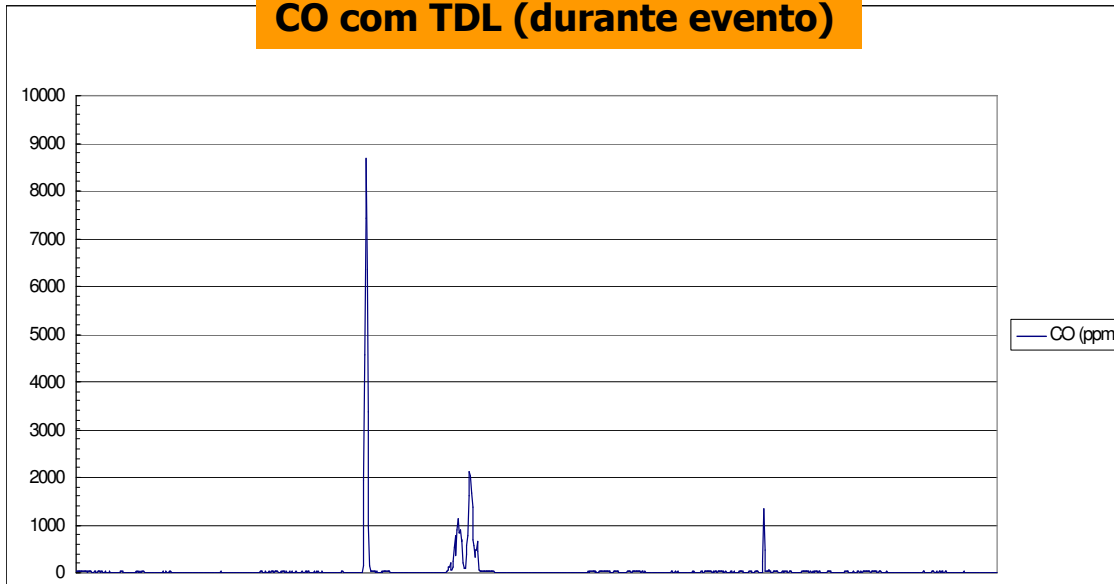
# Medição por Seção Média versus Pontual

## Medições Pontuais



Leitura O2 (Sensor 1/2)	TDL Leitura CO	Leitura sensor CO (Sensor 1/2)
0% / 0%	8700ppm	0 / 267 ppm
0% / 0%	2017ppm	0 / 0 ppm
0% / 0.6%	1345ppm	1236 / 0 ppm

## CO com TDL (durante evento)



**Sensores de CO** mostraram valores muito mais baixos comprados ao TDL

O **TDL** respondeu com alta sensibilidade aos 3 eventos de CO

**Sensores de CO** responderam apenas a 1/6 picos de CO

# Exemplos de Instalações de Controle de Combustão vigilantplant.®



# Benefícios do controle de processo com o TDL

PRECISO, BAIXO TEMPO DE RESPOSTA...

SEM AMOSTRAGEM, SEM MANUTENÇÃO

TEMPERATURA ATÉ 1500 °C, MEDIÇÃO DA SEÇÃO MÉDIA





**vigilantplant.™**

The clear path to operational excellence

**Obrigado!**

**Alexandre Gregoski**  
Engenheiro de Aplicações de Analítica

Fone: +55 11 3513.1368

Fax: +55 11 3513.1425

E-mail: [alexandre.gregoski@br.yokogawa.com](mailto:alexandre.gregoski@br.yokogawa.com)

Home Page: <http://www.yokogawa.com/an/index.htm>