Vitor Amadeu Souza

Desenvolvendo projetos para medição de

Sensores

com o controlador de display de 7 segmentos

TM1638

Programado no Arduino

© 2020 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.

© 2020 by Vitor Amadeu Souza

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.** Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

Setembro de 2020

Direitos reservados por:
Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda
Produção: Cerne Tecnologia e Treinamento
E-mail da Empresa: cerne@cerne-tec.com.br
Home Page: www.cerne-tec.com.br.com.br
Atendimento ao Consumidor: sac@cerne-tec.com.br
Contato com o Autor: vitor@cerne-tec.com.br



FEITO NO BRASIL

“Para quem tudo perde, ainda resta Deus.”

Alfred de Musset

Kits Didáticos e Gravadores da Cerne Tecnologia

A Cerne tecnologia têm uma linha completa de aprendizado para os microcontroladores da família PIC, 8051, Holtek, dsPIC, ARM e etc. Veja os detalhes de cada um nas figuras abaixo:



Kit Arduino

- Gravação On-Board
- Comunicação Serial RS232
- Entrada de 12 V

Uma linha completa de componentes para o desenvolvimento de seus projetos eletrônicos como displays, PICs, botões, leds, cristais e etc. Visite a nossa página na Internet, no endereço **www.cerne-tec.com.br** e conheça melhor nossos serviços e produtos.

Cerne
Conhecimento para o Desenvolvimento

Sumário

Capítulo I – Metodologia de desenvolvimento 6

Capítulo II – TM1638 7

Capítulo III – Medindo Álcool em ppm 14

Capítulo IV – Medindo a concentração de Amônia 25

Capítulo V – Amperímetro 40

Capítulo VI – Barômetro 52

Capítulo VII – Medindo a concentração de Benzeno 60

Capítulo VIII – Célula de Carga 75

Capítulo IX – Medição de Monóxido de Carbono 88

Capítulo X – Medição de Dióxido de Carbono 105

Capítulo XI – Dinamômetro 122

Capítulo XII – Medindo o fluxo de massa 131

Capítulo XIII – Gaussímetro 143

Capítulo XIV – Medindo a concentração de GLP 156

Capítulo XV – Medindo a concentração de H_2 169

Capítulo XVI – Medição de umidade 183

Capítulo XVII – Medindo a concentração de Ozônio 191

Capítulo XVIII – Termômetro com NTC 206

Capítulo XIX – Medindo a radiação ultravioleta 214

Capítulo XX – Medição de corrente de 4 a 20 mA 230

Capítulo XXI – Decibelímetro 239

Capítulo XXII – Voltímetro 256

Capítulo I
Metodologia de desenvolvimento

1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Arduino – Prático e Objetivo* (2011) e *Programação para Arduino – Avançado* (2014) do mesmo autor e editora, onde o objetivo é controlar um conjunto de display de 7 segmentos através do controlador TM1638 usando o Arduino para em seguida apresentar na tela o resultado da medição dos sensores listados no sumário da obra.

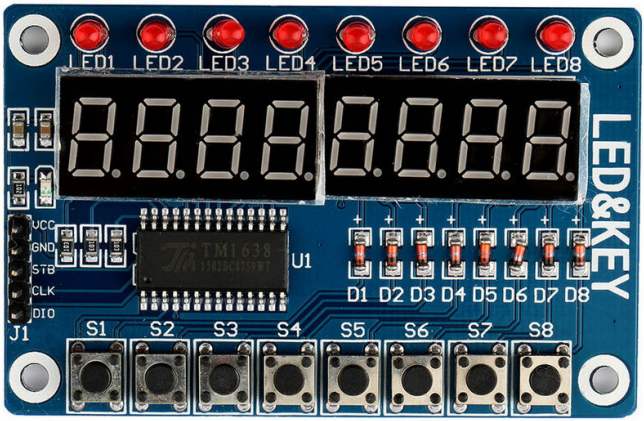
A placa didática utilizada foi a Arduino UNO em conjunto com um módulo que faz uso do controlador TM1638, onde tais kits e acessórios estão à venda no site www.cerne-tec.com.br.

Capítulo II

TM1638

1. Introdução

O TM1638 é um circuito integrado (C.I) que possibilita a multiplexação de até 8 displays de 7 segmentos assim como a conexão de até 8 botões (*switch*) e 8 leds. A interface do C.I com o processador é feita através de 3 pinos (STB, CLK e DO) além de 2 pinos de alimentação em 5V. Acompanhe na figura abaixo o aspecto deste sensor.

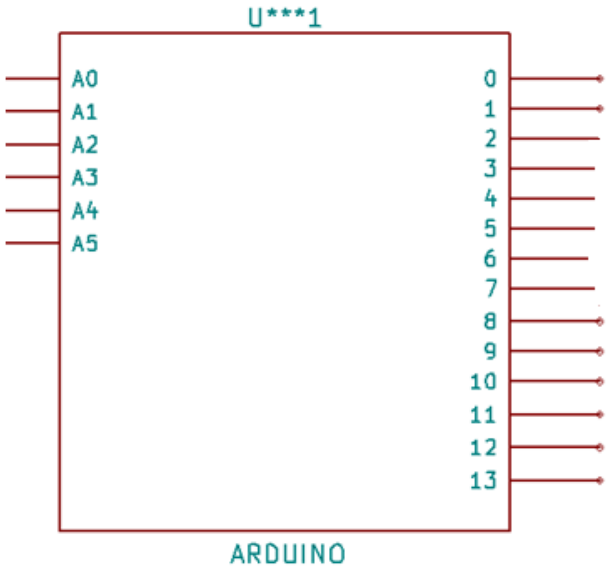


Fonte= https://images.app.goo.gl/VBwm81MQeG4Tcg79A

A proposta do experimento será mostrar a string “12345678” no conjunto dos 8 displays de 7 segmentos.

2. Esquema elétrico

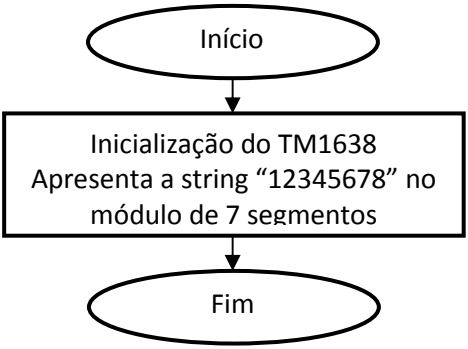
A seguir o esquema elétrico para concretização do projeto.



Alimente o módulo TM1638 em 5V e conecte os pinos STB, CLK e DO em 2, 3 e 4 respectivamente.

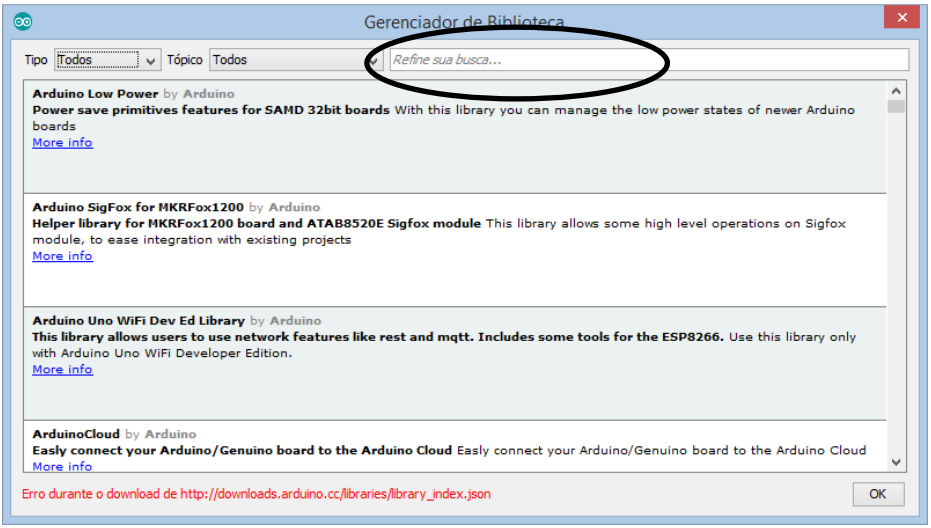
3. Fluxograma

O algoritmo para o desenvolvimento deste projeto está apresentado a seguir.



4. Biblioteca

Por padrão a biblioteca que faz o acesso ao sensor VL53L0X não vem disponível no Arduino. Para isso, acesse o menu Sketch-> Incluir Biblioteca -> Gerenciar Bibliotecas.



No campo marcado acima digite TM1638. Neste momento, será apresentada uma biblioteca chamada TM1638 by Danny Ayers, bastando clicar no botão Instalar para completar a operação.

Obs: A conexão a internet deve estar ativa.

5. Código fonte

A seguir o código fonte que implementa o fluxograma apresentado, no qual o mesmo é explanado em seguida.

```
#include <TM1638lite.h>
TM1638lite tm(2,3,4);
```

```
void setup()
{
  tm.reset();
  tm.displayText("12345678");
  delay(2000);

  tm.reset();
  tm.displayASCII(0, '1');
  tm.displayASCII(1, '2');
  tm.displayASCII(2, '3');
  tm.displayASCII(3, '4');
  tm.displayASCII(4, '5');
  tm.displayASCII(5, '6');
  tm.displayASCII(6, '7');
  tm.displayASCII(7, '8');
  delay(2000);
}
void loop()
{

}
```

O exemplo inicia com a inclusão da biblioteca utilizada assim como a definição do objeto tm seguindo a pinagem apresentada para STB, CLK e D0.

```
#include <TM1638lite.h>
TM1638lite tm(2,3,4);
```

No bloco setup é feita a inicialização do tm1638 e apresentada duas formas de carregar a mesma informação na tela sendo uma através de uma função para string e outra para caracter.

```
void setup()
{
  tm.reset();
  tm.displayText("12345678");
  delay(2000);

  tm.reset();
  tm.displayASCII(0,'1');
  tm.displayASCII(1,'2');
  tm.displayASCII(2,'3');
  tm.displayASCII(3,'4');
```

```
  tm.displayASCII(4,'5');
  tm.displayASCII(5,'6');
  tm.displayASCII(6,'7');
  tm.displayASCII(7,'8');
  delay(2000);
}
```

Apesar de não ter função o bloco loop precisa ser declarado.

```
void loop()
{

}
```

Monte o hardware conforme sugestão e grave o programa, de modo a visualizar o funcionamento da aplicação.

Capítulo III
Medindo Álcool em ppm

1. Sensor TGS 822

O sensor TGS 822, desenvolvido pela Figaro Sensor (www.figarosensor.com), permite medir uma série de vapores orgânicos como Metano, Monóxido de Carbono, Isobutano, Hexano, Benzeno, Álcool e Acetona. Cada um destas soluções, apresenta uma curva diferente de concentração em ppm (Parte Por Milhão), na faixa de 50 a 5000 ppm.

Este sensor apresenta alta sensibilidade, estabilidade, baixo custo e sua interface elétrica é relativamente simples. Suas principais aplicações são na detecção de álcool (podendo ser usado como bafômetro), detecção de vazamento de gás, detectores de solvente em fábrica etc. O elemento sensor é composto de Dióxido de Estanho (SnO_2), que varia sua condutividade de acordo com a concentração do gás presente em seu ambiente de instalação. Com o aumento da concentração de gás no ar, sua condutividade aumenta, em que desta forma um Arduino pode mensurar a concentração de determinado gás neste ambiente.

A próxima figura mostra a resposta de sensibilidade do sensor, de acordo com a concentração em ppm do solvente orgânico que estiver sendo medido pelo mesmo.

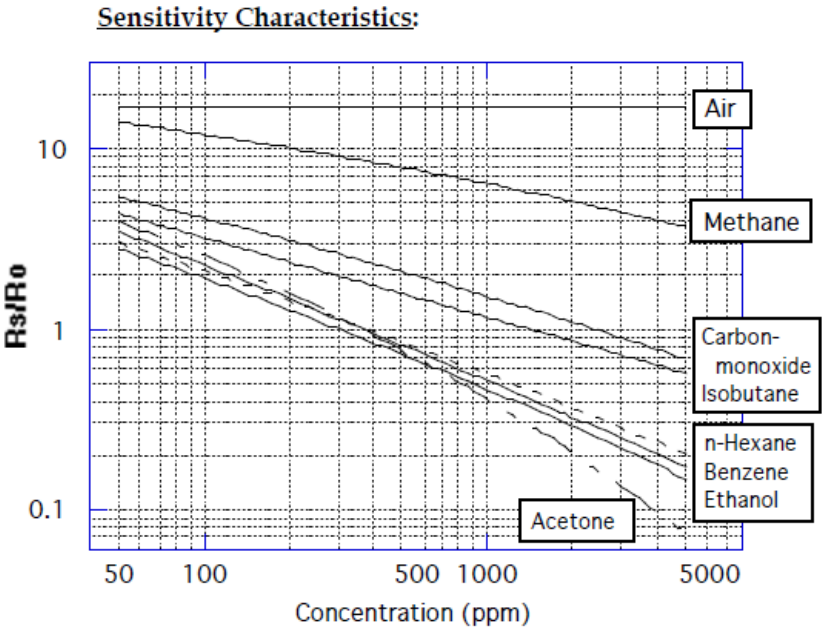


Figura 2.1: Resposta de acordo com a concentração de solvente
Fonte: TGS 822 Datasheet

A resposta do sensor varia de acordo com a temperatura e umidade relativa (R.H) do ambiente em que o mesmo estiver instalado, de acordo com a figura a seguir fornecida pelo próprio datasheet do componente.

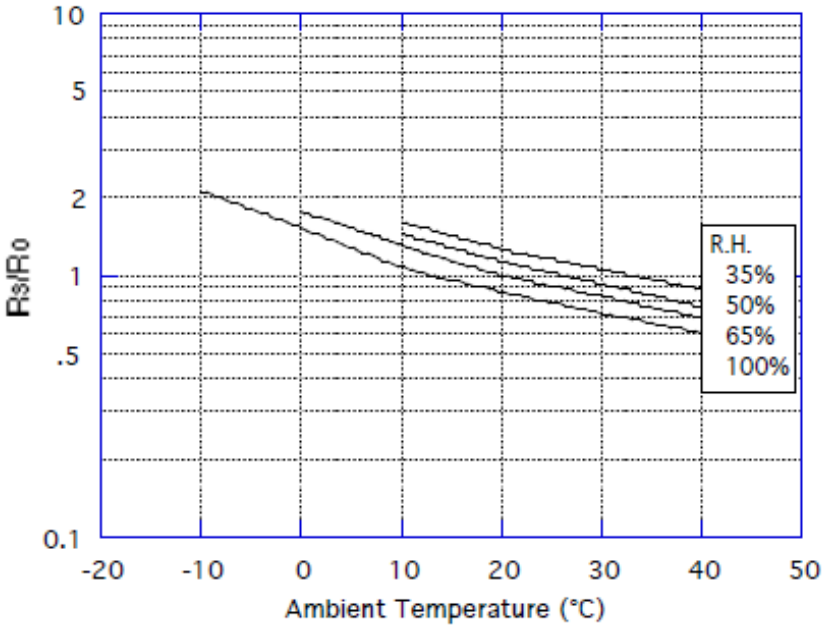


Figura 2.2: Influência da variação de umidade e temperatura
Fonte: TGS 822 Datasheet

Em determinados projetos que necessitem de maior precisão na resposta da medição de gases, pode ser necessário haver um sensor de umidade e temperatura, de modo a ajustar a resposta do TGS 822 de acordo com estas variações.

Este sensor é composto de 6 pinos, conforme pode ser visto na figura a seguir.

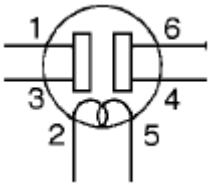


Figura 2.3: Pinagem do TGS 822
Fonte: TGS 822 Datasheet

A função da cada um dos pinos está descrita a seguir.

Pino	Função	Descrição
1 e 3	V_C	Alimentação positiva. Máximo de 24 Vdc.
2	V_H	Tensão de aquecimento. Tensão de 5V DC ou AC
5	GND	Terra da fonte
4 e 6	V_{RL}	Tensão variável de acordo com a concentração de gases

Fonte: TGS 822 Datasheet

Normalmente, os pinos 1, 2 e 3 ficam ligados juntos na tensão de 5 V. A saída V_{RL} fica acoplada a um resistor de carga (R_L), pois a resistência interna do sensor, ou seja, sua condutividade, varia segundo esta concentração, permitindo ao Arduino mensurá-la.

A próxima figura demonstra um circuito típico a ser montado para uso deste sensor.

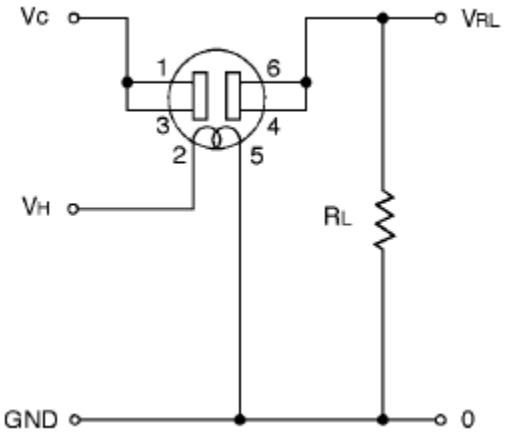


Figura 2.4: Circuito típico com TGS 822
Fonte: TGS 822 Datasheet

Um valor usual para R_L é de 10 kΩ. Observe pela curva do gráfico 2.1 que a concentração em ppm é encontrada de acordo com a relação R_S/R_0. O valor de R_S é definido como a resistência do sensor de acordo com a concentração de gás ambiente enquanto que R_0 para uma concentração de 50 ppm de Álcool, tipicamente 5.000Ω. O valor de R_S será encontrado segundo a fórmula a seguir.

$$R_S = \left(\frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) . R_L$$

Considerando V_C=5V e R_L=10.000Ω, o cálculo fica da seguinte forma.

$$R_S = \left(\frac{5}{V_{RL}} - 1 \right).10000$$

O valor de V_{RL} é encontrado através da leitura do conversor analógico do Arduino (CAD), estando na faixa de 0 a 5 V. Após encontrar R_S, basta encontrar a relação deste valor com R_0 (que vale 5.000Ω) para em seguida encontrar a concentração em ppm.

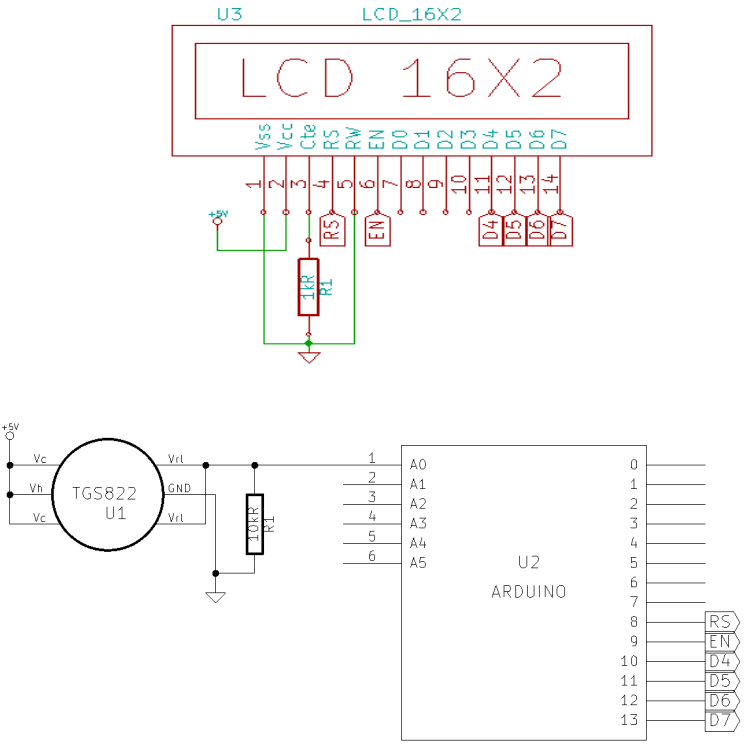
Chamando de *x* a relação entre R_S/R_0 e *ppm* a concentração, a função a seguir descreve como é encontrada a concentração.

$$ppm = 169.(\log(x))^4 - 147.(\log(x))^3 + 207.(\log(x))^2 - 496.\log(x) + 332$$

A descrição de como esta função foi encontrada está disponível no artigo de Jiana Shin, onde o link está disponível na seção Referências desta literatura.

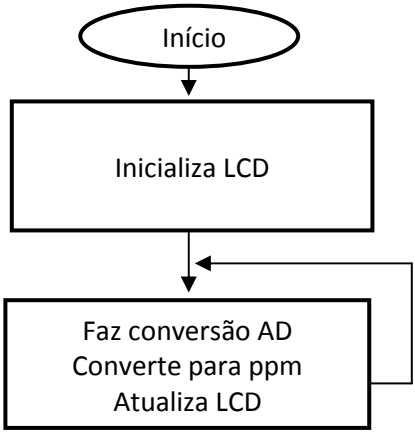
2. Esquema elétrico

O esquema elétrico para este exemplo está apresentado a seguir, onde observa-se o display LCD que mostra o valor da concentração em ppm de Álcool e o sensor que é a fonte de dados para o Arduino.



3. Fluxograma

O fluxograma que rege o funcionamento do programa está apresentado a seguir. Observe que inicialmente é feita a inicialização do LCD e no loop principal a leitura contínua da entrada analógica e em seguida a conversão para ppm, para que finalmente o LCD seja atualizado.



4. Código fonte

A seguir o código fonte em Arduino que mede a concentração em ppm do Álcool em determinado meio através do sensor TGS 822 e apresenta no LCD o resultado da medição em ppm. Após a leitura analógica do canal 0 encontra-se a relação R_S/R_0 para se aplicar a função apresentada, passando como parâmetro esta relação. O retorno da função é a concentração em ppm para que em seguida, este resultado seja apresentado no LCD.

```
/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *          Cerne Tecnologia          *
 *        www.cerne-tec.com.br        *
 *    Projetos em Arduino - Álcool    *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8,9,10,11,12,13);
```

```
/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *       Função de inicialização       *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
void setup(void)
{
  lcd.begin(16,2);
}

/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *           Função de loop            *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
void loop(void)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print(le_ppm_alcool());
  lcd.print(" ppm");
  delay(1000);
}

/*  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *
 *  Função para ler ppm do ambiente  *
 *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  *  */
float le_ppm_alcool(void)
{
  float ppm,ad,vrl,rs,rs_ro,x;

  ad = analogRead(0);      //Lê AD de 0 a 1023
  vrl=(ad*5.0)/1023;       //Encontra Vrl
  rs=((5.0/vrl)-1)*10000; //Encontra Rs
  rs_ro=rs/5000;           //Encontra relação Rs/Ro
  x=log(rs_ro);          //Acha o log
  ppm=169*(x*x*x*x)-147*(x*x*x)+207*(x*x)-496*x+332;
                           //Equação para achar ppm
  return(ppm);             //Concentração em ppm
}
```

5. Objetivo

Este tópico é uma junção dos dois últimos, no qual é apresentado no display de 7 segmentos com controlador TM1638 o resultado da medição do sensor.

6. Esquema elétrico

É o mesmo do exemplo de TM1638 com a adição do sensor estudado anteriormente.

7. Código fonte

Acompanhe a seguir o código proposto.

```
#include <TM1638lite.h>

TM1638lite tm(2,3,4);

void setup()
{
  tm.reset();
}

void loop()
{
  tm.displayText(String(le_ppm_alcool()));
  delay(5000);
}

float le_ppm_alcool(void)
{
  float ppm,ad,vrl,rs,rs_ro,x;
```

```
  ad = analogRead(0);      //Lê AD de 0 a 1023
  vrl=(ad*5.0)/1023;       //Encontra Vrl
  rs=((5.0/vrl)-1)*10000; //Encontra Rs
  rs_ro=rs/5000;           //Encontra relação Rs/Ro
  x=log(rs_ro);            //Acha o log
  ppm=169*(x*x*x*x)-147*(x*x*x)+207*(x*x)-496*x+332;
                           //Equação para achar ppm
  return(ppm);             //Concentração em ppm
}
```

De modo geral este exemplo é a junção do experimento que mostra uma mensagem no display de 7 segmentos com a medição do sensor. Note que no loop principal o sensor é lido a cada 5s e seu resultado apresentado na tela no display de 7 segmentos.

Capítulo IV
Medindo a concentração de Amônia

1. Efeitos da Amônia ao ser humano

O gás amônia ou amônia, cuja fórmula molecular é NH_3 está disposto geometricamente da seguinte forma.

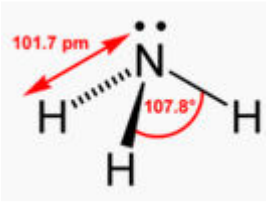


Figura 3.1: Representação da amônia
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Am%C3%B4nia

É um gás tóxico em temperatura ambiente e pressão atmosférica e na presença da umidade torna-se corrosivo. É um gás inflamável, incolor, com odor irritante e possui alta solubilidade em meio aquoso, como a água. Possui diversas aplicações, como agente refrigerante industrial e como fertilizante.

Em altas concentrações, produz tosses fortes devido a sua ação nas vias respiratórias além de causar queimadura nos olhos. Além disso, a vítima sofrerá irritação dos pulmões podendo evoluir a um

edema pulmonar em pouco tempo, sendo necessária a rápida remoção para não agravar tal situação. Em caso de ingestão, provocará corrosão da boca, garganta e estômago.

Segundo o anexo 11 da NR 15 (Norma Regulamentadora 15), a concentração máxima para uma exposição semanal de até 48 horas é de 20 ppm. Caso este limite seja extrapolado, o ambiente é considerado medianamente insalubre.

Os principais riscos oferecidos pela Amônia são ligados a saúde, conforme mostra a classificação de rotulagem da figura a seguir.

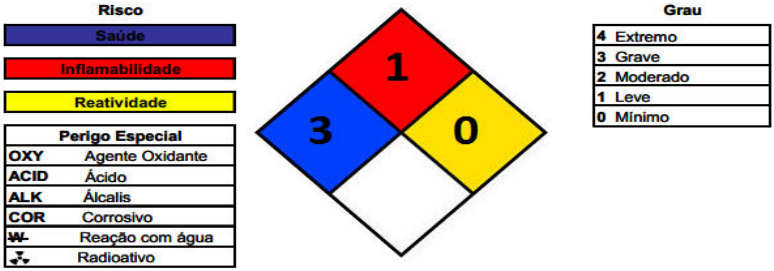


Figura 3.2: Riscos associados a Amônia
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Am%C3%B4nia

Note pelo quadro que os riscos associados a reatividade são mínimos (0), enquanto que o de inflamabilidade é leve (1) e saúde grave (3).