



# **Desenvolvimento e Teste de Sistemas Digitais**

Desenvolvimento de um medidor de álcool

Relatório de Implementação – 1º Trabalho Avaliação

**Filipe Miguel Aleixo Perestrelo – 39656**  
**Francisco Alves Fonseca de Oliveira Silveira – 34393**

Regente: Prof.ª Anikó Costa



**FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**



## Índice

<i>Introdução</i> .....	4
<i>1- Especificações do Alcoolímetro</i> .....	5
1.1- Descrição dos componentes .....	5
1.2- Funcionamento do alcoolímetro (enunciado) .....	6
<i>2- Modelação do sistema de controlo</i> .....	7
2.1- Casos de uso.....	7
2.2- Descrição dos casos de uso .....	8
<i>3- Desenvolvimento do sistema controlador</i> .....	14
3.1- Calibração do sensor .....	14
3.2- Display LCD 16x02 .....	16
3.3- Botões de pressão.....	17
3.4- Shield LCD .....	17
3.5- Comunicações com Excel 2010 .....	18
<i>4- Implementação</i> .....	19
4.1- Resultados.....	19
4.2- Sistema implementado .....	19
<i>Conclusão</i> .....	20
<i>Anexos</i> .....	21

## *Introdução*

Este laboratório tem como objetivo o desenvolvimento de um controlador para um sensor medidor de álcool, este recebe os sinais de entrada do sensor e dos botões de pressão. O controlador deve ser capaz de cumprir as especificações elaboradas no enunciado proposto por nós.

Para modular o sistema vamos recorrer a casos de uso e fluxogramas para que consigamos obter uma visualização gráfica e que possamos preparar soluções para o sistema a implementar.

Para implementar o sistema controlador vamos recorrer à ferramenta IDE Arduino, onde podemos programar em linguagem smallC o Arduino e todos os periféricos propostos, sendo estes o sensor de álcool, os botões e o display LCD. Com a utilização desta ferramenta permite que o código seja validado e implementado na plataforma.

De modo a visualizarmos de uma forma gráfica as operações em curso e início de operações escolhidas pelos botões de pressão, programamos um display LCD 16x2.

## 1- Especificações do Alcoolímetro

### 1.1- Descrição dos componentes

Tabela 1 - Lista dos componentes e orçamento

Material	Preço	Modelo	Link	Adquirido?
Arduino MEGA	43.17€	PTR001 555	<a href="http://www.ptrobotics.com/plataformaarduino-e-modelos-alternativos-equivalentes/1555-arduino-due.html?search_query=arduino+due&amp;results=72">http://www.ptrobotics.com/plataformaarduino-e-modelos-alternativos-equivalentes/1555-arduino-due.html?search_query=arduino+due&amp;results=72</a>	Sim
Sensor medidor de alcoolemia	6.77€	PTR001 452	<a href="http://www.ptrobotics.com/gases/1452-alcohol-gas-sensor-mq-3.html">http://www.ptrobotics.com/gases/1452-alcohol-gas-sensor-mq-3.html</a>	Sim
Led	0.43€	PTR001 831	<a href="http://www.ptrobotics.com/led-s-standard/1831-diffused-led-green-10mm.html?search_query=led&amp;results=525">http://www.ptrobotics.com/led-s-standard/1831-diffused-led-green-10mm.html?search_query=led&amp;results=525</a>	Sim
2 botões de pressão	0.98€	PTR003 267	<a href="http://www.ptrobotics.com/tactile-switch/3267-tactile-button-12mm-flat.html?search_query=botao&amp;results=13">http://www.ptrobotics.com/tactile-switch/3267-tactile-button-12mm-flat.html?search_query=botao&amp;results=13</a>	Sim
LCD	14.70 €	PTR001 075	<a href="http://www.ptrobotics.com/lcd-alfanumerico/1075-basic-16x2-character-lcd-white-on-black.html">http://www.ptrobotics.com/lcd-alfanumerico/1075-basic-16x2-character-lcd-white-on-black.html</a>	Sim
Resistências	1.70€	Velleman PM/RES	<a href="http://www.servelec.pt/produto/kit-de-resistencias-para-divisor-de-tensao-velleman-pmres">http://www.servelec.pt/produto/kit-de-resistencias-para-divisor-de-tensao-velleman-pmres</a>	Sim
Bocal (50 unidades descartáveis)	10.78€	CDP bq-unv	<a href="http://www.alibaba.com/product-detail/Universal-sterile-50-Mouthpieces-PACKS-Drager_50027856414.html?spm=a2700.7724838.0.0.UXsbMm">http://www.alibaba.com/product-detail/Universal-sterile-50-Mouthpieces-PACKS-Drager_50027856414.html?spm=a2700.7724838.0.0.UXsbMm</a>	Não
Circuito adaptador para baterias do carro (opcional)	2.46€		<a href="http://www.banggood.com/pt/Car-Cigarette-Lighter-Socket-Plug-Connector-Adapter-Universal-12V-2_5A-p-1018017.html">http://www.banggood.com/pt/Car-Cigarette-Lighter-Socket-Plug-Connector-Adapter-Universal-12V-2_5A-p-1018017.html</a>	Não
<b>TOTAL</b>	80,99€			

## *1.2- Funcionamento do alcoolímetro (enunciado)*

O LCD mostrará a mensagem “Pronto a utilizar”. O utilizador pressiona um botão no microcontrolador para iniciar o teste. Após o botão ser pressionado, durante 5 segundos o utilizador deverá soprar num bocal, mostrando também no LCD a mensagem “A decorrer o teste” e após esses 5 segundos um led é aceso indicando que o teste terminou com a mensagem no LCD “A calcular o resultado”. O microcontrolador processa os dados obtidos e mostrará no LCD o resultado referente ao teste. Se o resultado indicar uma taxa de alcoolemia superior a 0.5 g/L acender-se-à um led indicando que o utilizador está inapto para conduzir.

Com recurso ao segundo botão, uma vez pressionado, este iniciará um teste de calibração durante 5 segundos de modo a adaptar o teste às condições ambiente devido às características do sensor.

## 2- Modelação do sistema de controlo

### 2.1- Casos de uso

Para a descrição do sistema escolhemos a utilização de casos de uso, este formalismo é essencial para registar as funcionalidades do sistema. Inicialmente construímos o diagrama de casos de uso, sendo constituído por actores e os casos de uso envolvidos em elipses. Consideramos dois actores, o utilizador e o próprio sistema. Definimos cinco casos de uso obrigatórios para cumprir os requisitos funcionais como pode visualizar-se na figura seguinte.

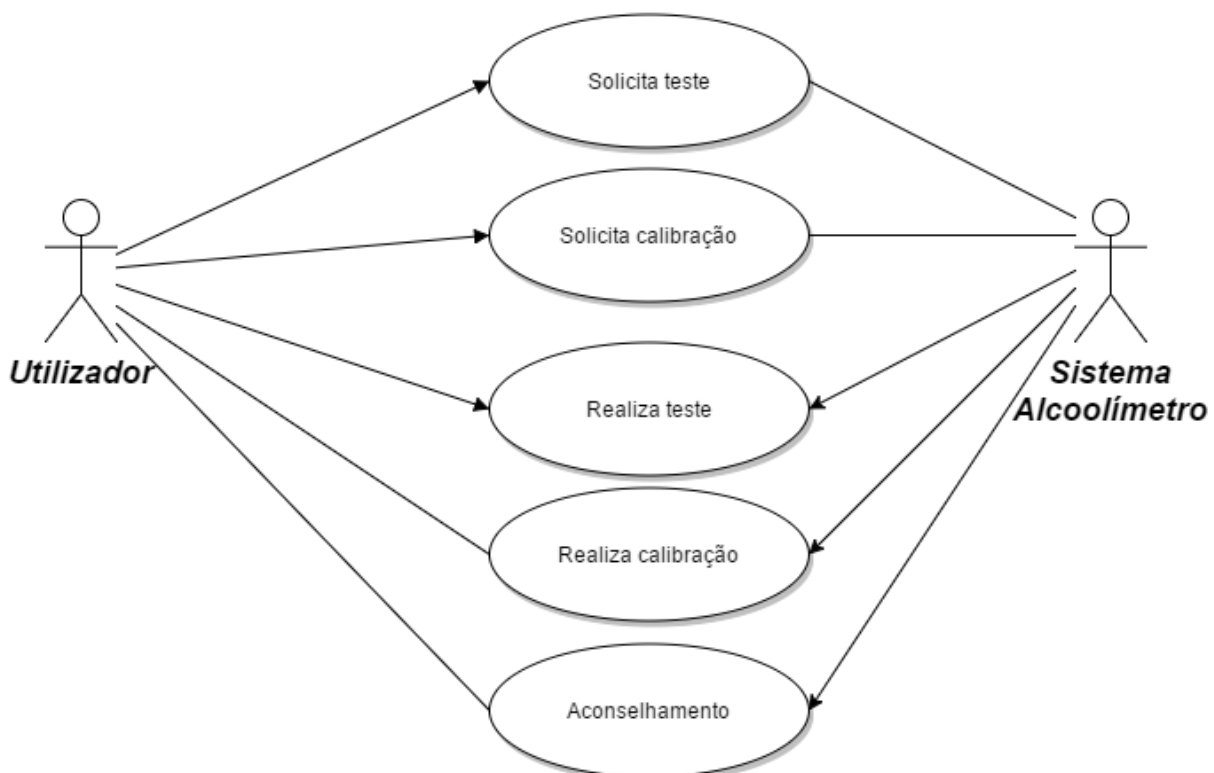


Figura 1 - Casos de uso do sistema


## 2.2- Descrição dos casos de uso

Tabela 2 - Solicita Teste

<b>Nome</b>	Solicita Teste
<b>Identificador</b>	ST0
<b>Breve descrição</b>	Utilizador faz um clique, no botão B1, de forma a solicitar ao sistema a preparação de realização do teste de alcoolemia.
<b>Actores envolvidos</b>	Utilizador
<b>Pré-condições</b>	Pressionar o botão B1
<b>Descrição do fluxo</b>	<pre>graph TD; A[Sistema em stand-by] --&gt; B[Pressiona B1]; B --&gt; C{Sensor está no valor base}; C -- Sim --&gt; D[Início de realização de teste]; C -- Não --&gt; E[Pede para solicitar teste em breve]; E --&gt; F[Mostra no LCD o estado do sistema]; F --&gt; A;</pre>
<b>Pós-condições</b>	Indicar que o teste começou



**Tabela 3 - Solicita Calibração**

Nome	Solicita Calibração
Identificador	SCO
Breve descrição	Utilizador faz um clique, no botão B2, de forma a solicitar ao sistema a preparação de realização da calibração do sensor MQ-3 para a adaptação do sistema às condições ambiente.
Actores envolvidos	Utilizador
Pré-condições	Pressionar o botão B2
Descrição do fluxo	 <pre> graph TD     A[Sistema em stand-by] --&gt; B[Pressiona B2]     B --&gt; C[Início de realização da calibração]     C --&gt; D[Mostra no LCD estado do sistema]           </pre>
Pós-condições	Indicar que a calibração começou

**Tabela 4 - Realiza Teste**

<b>Nome</b>	Realiza Teste
<b>Identificador</b>	RTO
<b>Breve descrição</b>	Após a preparação do sistema para a realização do teste de alcoolemia, é necessário que o utilizador sopre para o sensor para que o sistema recolha os dados necessários.
<b>Actores envolvidos</b>	Utilizador; Sistema Alcoolímetro
<b>Pré-condições</b>	Ter solicitado o teste
<b>Descrição do fluxo</b>	<pre> graph TD     A[Início de realização do teste] --&gt; B[Início da contagem de tempo]     B --&gt; C{Decorreram os 5 segundos}     C -- Sim --&gt; D[Análise dos dados recolhidos]     C -- Não --&gt; E[Leitura e registo dos valores medidos pelo sensor]     E --&gt; F[Mostra no LCD o estado do sistema]     F --&gt; C           </pre>
<b>Pós-condições</b>	Indicar que o teste terminou

**Tabela 5 - Realiza Calibração**

<b>Nome</b>	Realiza Calibração
<b>Identificador</b>	RC0
<b>Breve descrição</b>	Após a solicitação de calibração do sensor, é necessário que o sistema esteja em “stand-by” para a recolha dos dados necessários.
<b>Actores envolvidos</b>	Sistema Alcoolímetro
<b>Pré-condições</b>	Ter solicitado a calibração
<b>Descrição do fluxo</b>	<pre> graph TD     A[Início de calibração do sistema] --&gt; B[Início da contagem de tempo]     B --&gt; C{Decorreram os 5 segundos}     C -- Sim --&gt; D[Média dos valores registados correspondendo ao valor base]     D --&gt; E[Mostra no LCD o estado do sistema]     C -- Não --&gt; F[Leitura e registo dos valores medidos pelo sensor]     F --&gt; G[Mostra no LCD o estado do sistema]     G --&gt; C           </pre>
<b>Pós-condições</b>	Indicar que a calibração terminou

Tabela 6 - Aconselhamento

Nome	Aconselhamento
Identificador	A0
Breve descrição	Após a realização do teste de alcoolemia o sistema analisa os dados recolhidos e apresenta o resultado no LCD.
Actores envolvidos	Sistema Alcoolímetro
Pré-condições	Ter realizado o teste
Descrição do fluxo	<pre> graph TD     A[Após RT0] --&gt; B[Análise dos dados registados pelo]     B --&gt; C{Média dos 10 valores mais elevados}     C -- "&lt; 0.2" --&gt; D[/Apto para conduzir/]     C -- "&gt;= 0.2 &lt; 0.5" --&gt; E[/Inapto para conduzir com C. Condução inferior a 2 anos/]     C -- "&gt;= 0.5" --&gt; F[/Inapto para conduzir/]     E --&gt; G[Acender led com frequência reduzida]     F --&gt; H[Acender led com frequência elevada]     D --&gt; I[Sistema em stand-by]     G --&gt; I     H --&gt; I           </pre>
Pós-condições	

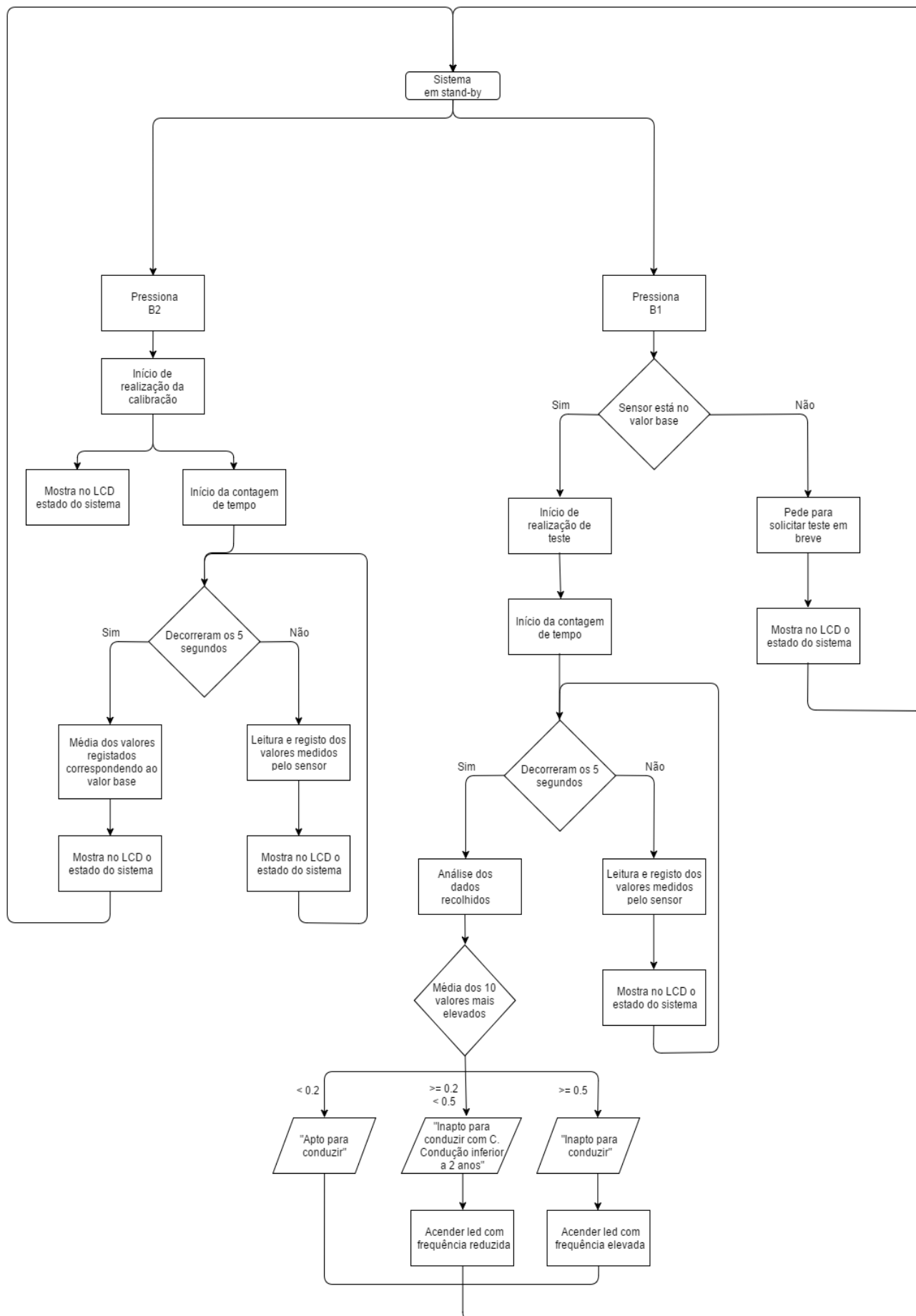


Figura 2 - Descrição dos casos de uso interligados

### 3- Desenvolvimento do sistema controlador

#### 3.1- Calibração do sensor

Para definir a relação entre o valor analógico lido pelo arduino e o valor de álcool correspondente, analisou-se o *datasheet* do sensor de álcool MQ-3. A variação da resistência do sensor face a quantidade de álcool detectada encontra-se no gráfico seguinte.

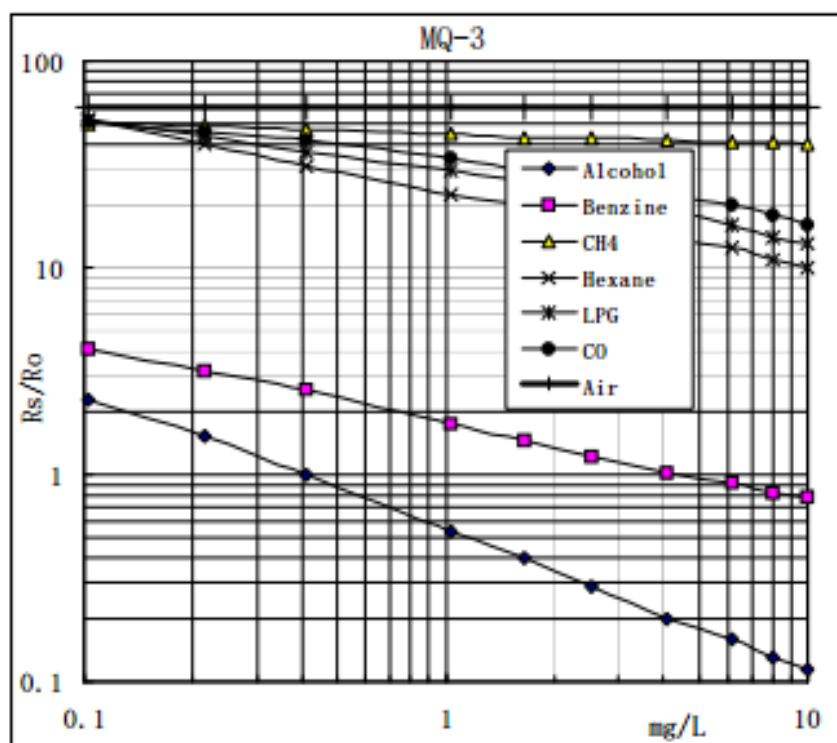
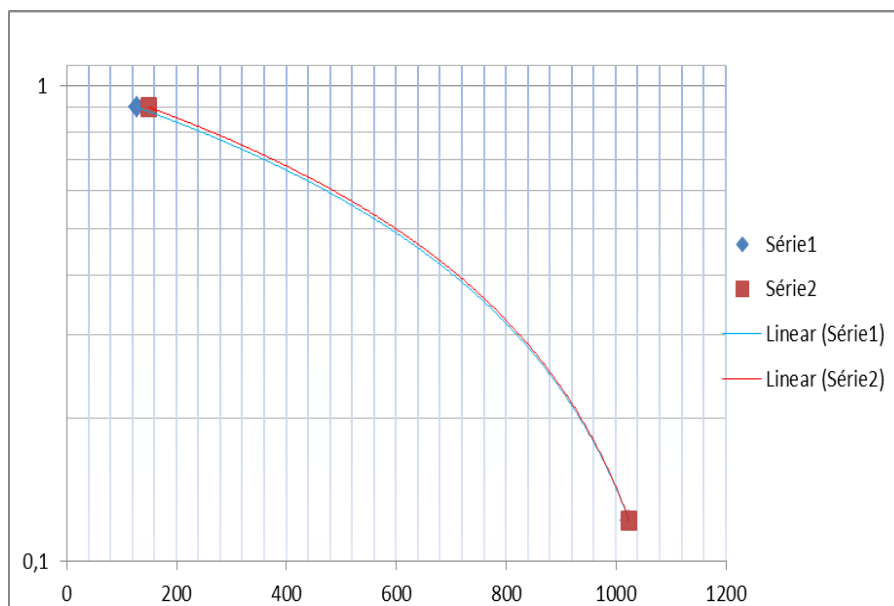
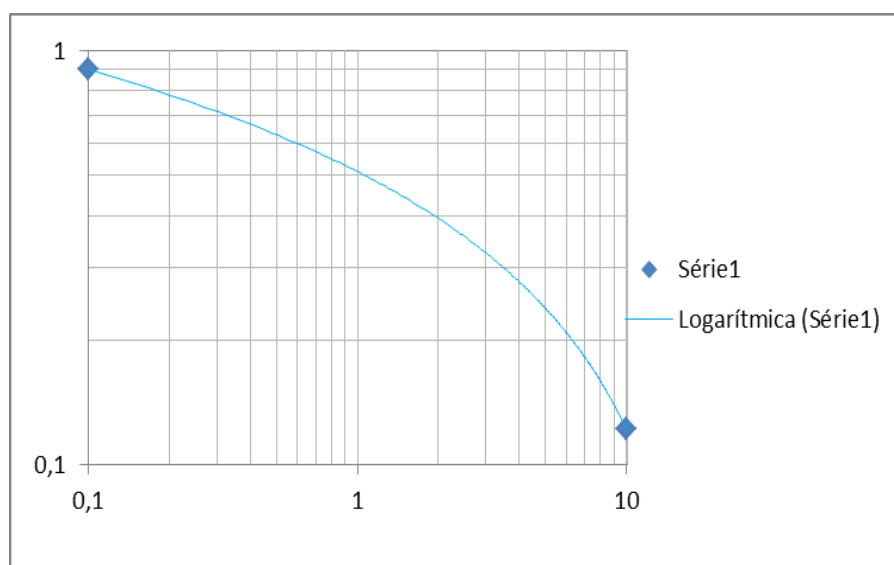


Figura 3 - Gráfico da relação de alteração da resistência do sensor em função da quantidade detectada de um químico em mg/L.

Assim definiu-se duas relações, a relação entre o valor analógico lido e a variação da resistência do sensor e a relação de variação da resistência do sensor face a quantidade de álcool medida. No gráfico seguinte pode-se observar duas linhas, nas quais se admitem valores de leitura analógico mínimos 128 (azul) e 150 (vermelho). Uma vez que a resistência interna do sensor é ligeiramente alterada com a presença de outros gases no ar, verificamos que as leituras medidas estariam entre estes valores mínimos. Na implementação, a linha de funcionamento é ajustada consoante o valor base detectado.



**Figura 4 - Gráfico da relação da alteração do valor analógico lido pelo controlador em relação à variação da resistência do sensor.**



**Figura 5 - Gráfico da relação da alteração da quantidade de álcool em mg/L em relação à variação da resistência do sensor.**

Na figura 6 mostra-se a definição dos pins do sensor MQ-3, a utilização do pin digital não foi utilizada.



Figura 6 - Esquema de ligações para implementação do sensor MQ-3.

### 3.2- Display LCD 16x02

Para a implementação do display LCD 16x02, foi necessária a adição de um potenciômetro para regular o contraste dos caracteres a mostrar. O esquema de fios apresentado de seguida, foi o implementado.

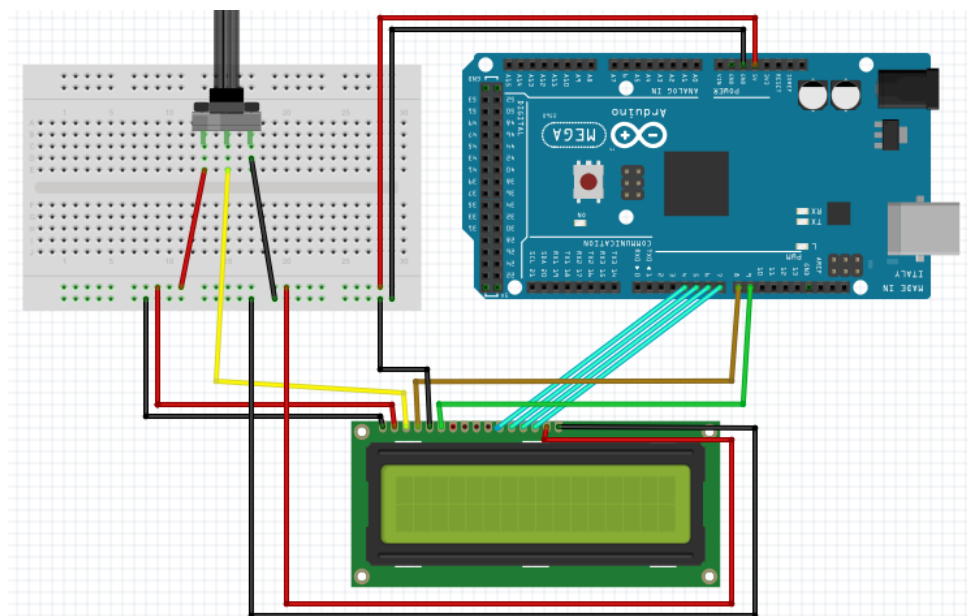


Figura 7 - Esquema de ligações para implementação do display LCD 16x02 com recurso a um potenciômetro.



### 3.3- Botões de pressão

Os botões de pressão foram o componente de mais fácil implementação, o esquema de fios seguinte corresponde à implementação destes.

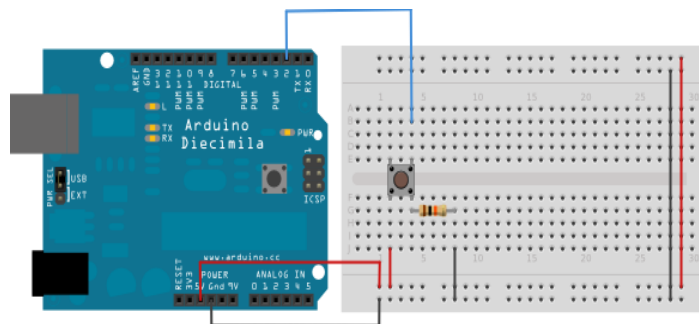


Figura 8 - Esquema de ligações para implementação de cada botão de pressão.

### 3.4- Shield LCD

Numa fase posterior implementou-se o shield LCD, que por sua vez já tem botões na sua interface. Assim, configurámos o botão esquerdo como sendo o botão de calibração e o botão direito para registo de dados. A plataforma do shield dispõe de um potenciómetro para ajuste do contraste dos caracteres no display. Este shield permite o encaixe directo na plataforma Arduino Mega 2560 facilitando assim a implementação, como pode se observar na figura seguinte.

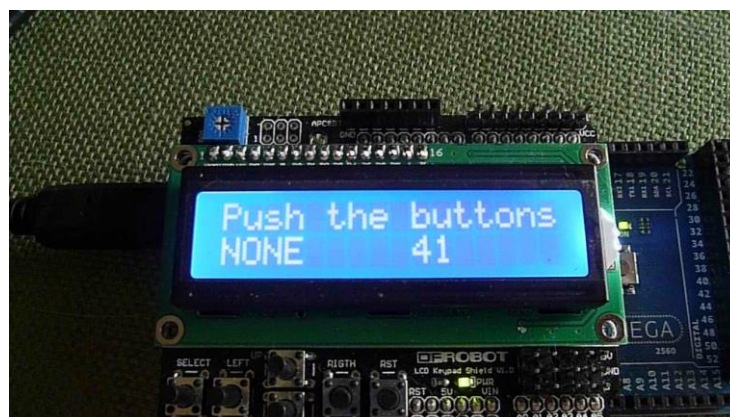


Figura 9 - Shield LCD ligado directamente ao Arudino Mega.

### 3.5- Comunicações com Excel 2010

Para registo no computador dos dados obtidos pelo arduino, utilizou-se uma aplicação disponível no *site* do Arduino. Esta aplicação dispõe de exemplos relativamente fáceis de interpretar e que foram seguidos para o desenvolvimento do registo de dados e actualização automática dos gráficos referentes aos valores registados e referentes aos dados processados. Esta aplicação foi utilizada com o baud rate de 11520. O desenvolvimento da aplicação deve-se a Roberto Valgolio. Para o funcionamento da aplicação, no sentido de habilitar a execução de macros, é necessário seguir alguns passos descritos num ficheiro anexo ao documento.

## 4- Implementação

### 4.1- Resultados

Como se pôde verificar no capítulo 3, a curva de funcionamento do sensor alcoolímetro, por ser uma escala logarítmica, não começa com o valor zero e, portanto, o valor mínimo de medição do sensor é de 0.1mg/L, sendo que incerteza dessa curva foi estimada para mais ou menos 0.05mg/L. Essa observação foi, no entanto, referida no ecrã LCD, após as realizações dos testes.

Verificou-se então, que ao pressionar o botão B1, o sistema respondeu de forma afirmativa, isto é, realizou o teste de alcoolemia e ao pressionar o botão B2, o sistema respondeu, também, afirmativamente, mostrando no ecrã série do arduino os valores que media, ou seja, conseguiu-se verificar se o sensor estava no valor base, ou não.

### 4.2- Sistema implementado

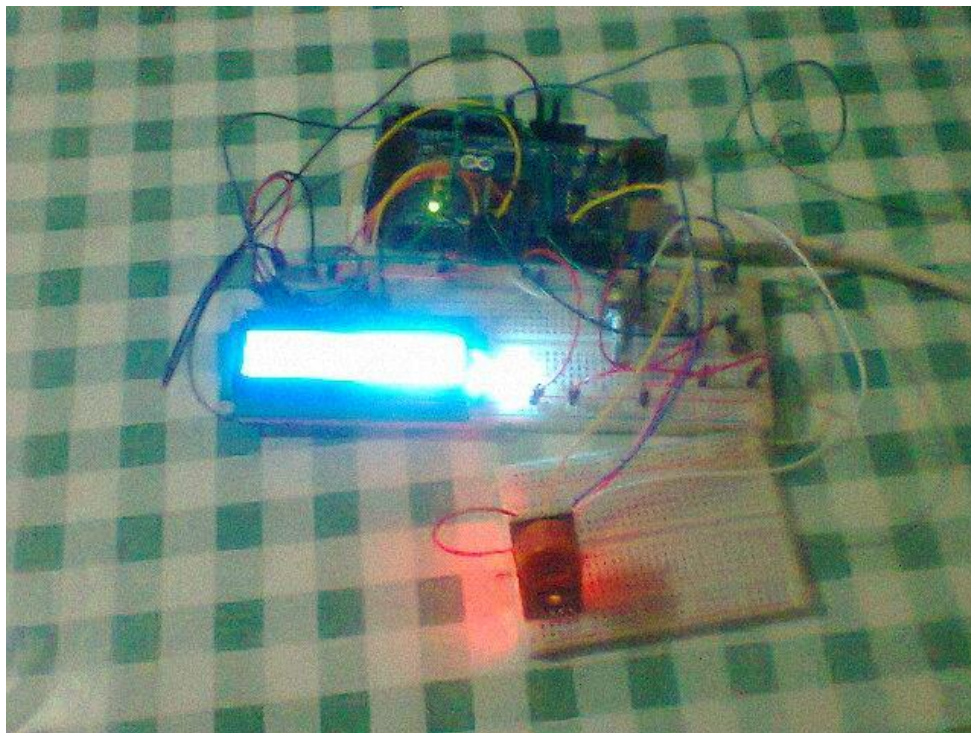


Figura 10 - Sistema de controlo implementado.

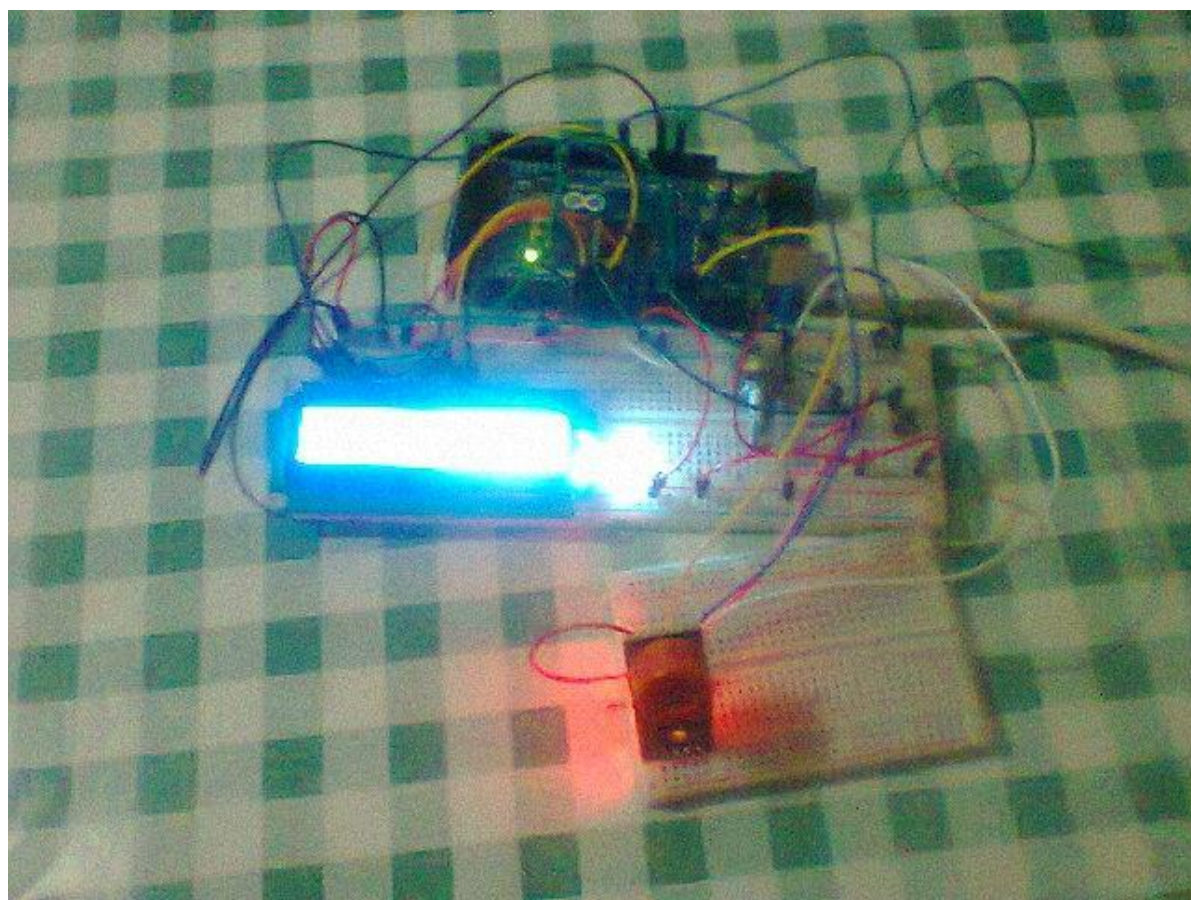
## Conclusão

Com este trabalho conseguimos desenvolver os nossos conhecimentos sobre formalismos de modelação e plataformas de microcontroladores para o desenvolvimento de controladores. Uma possível aplicação neste caso o alcoolímetro serviu nos de exemplo para perceber os passos necessários para desenvolver controladores digitais.

Além disso, aprofundamos os conhecimentos sobre smallC para validação e implementação das rotinas desenvolvidas. Neste caso, para implementação de um controlador para um dispositivo medidor de álcool, assim como a sua interacção com o utilizador por meio do ambiente de programação IDE Arduíno.

Conseguimos assim com sucesso implementar o controlador com as situações de calibração, leitura da quantidade de álcool detectada entre os intervalos predefinidos, ajuste da calibração segundo as condições atmosféricas que perturbam o sensor, bem como uma interface gráfica que permite visualizar os resultados calculados e o aconselhamento consoante os mesmos.

## Anexos



Anexo 1 - Sistema em funcionamento