

# Manual do utilizador

---

## 2D3DCalibrator



Calibração de um laser 2D em relação a um laser 3D de referência no AtlasCar



## Índice

1.	Parâmetros .....	5
1.1.	Dados simulados .....	5
1.2.	Dados reais .....	7
2.	Processo de calibração .....	8
1.3.	Laser 3D .....	9
1.4.	Laser 2D .....	11
2.	Análise de resultados .....	15



## 1. Parâmetros

No directório da aplicação terá que existir um ficheiro “CalibrationModel.txt” onde estão presentes os parâmetros para a criação do objecto de calibração virtual. Os parâmetros necessários para a criação do objecto são: altura; raio do cone; distância entre cones. Os restantes parâmetros são usados apenas em dados simulados, que definem o centro do objecto (center), a sua normal relativamente ao plano intermédio de ligação dos cones (direction) e a rotação (rotation). O ficheiro terá que ter a estrutura presente na Fig. 1.1.

```

1 height
2 0.924
3 radius
4 0.3825
5 center
6 5 -1 0.2
7 direction
8 1 0 0
9 distanceCones
10 1
11 rotation
12 0 0 0

```

Fig. 1.1 - Estrutura do ficheiro do objecto de calibração

### 1.1.Dados simulados

Em dados simulados é possível definir diversos objectos de calibração, parâmetros do laser 3D e 2D quanto à sua posição, orientação, resolução angular, abertura angular e alcance. A execução da aplicação efectua-se da seguinte forma:

```
./LaserCalibration [File] *[-option]
```

[File] representa um ficheiro de entrada onde está presente um modelo de superfície (.ply ou .obj) sobre o qual será feita uma simulação de aquisição de nuvens de pontos 3D e 2D; ou um ficheiro em formato .asc que possui informação de coordenadas de pontos 3D. Neste caso é apenas adquirida uma nuvem de pontos 3D e 2D do objecto de calibração, sendo posteriormente adicionada à nuvem de pontos inicial.

[-option] possui diversas combinações e opções:

-p x y z	Define posição do laser 3D relativamente ao centro de coordenadas centrado no AtlasCar;
-p2 x y z	Define posição do laser 2D relativamente ao centro de coordenadas centrado no AtlasCar (apenas para aquisição da nuvem de pontos);
-d x	Define o alcance do laser 3D;
-d2 x	Define o alcance do laser 2D;
-r x y z	Define a rotação do laser 3D expressos em ângulos de Euler;
-r2 x y z	Define a rotação do laser 2D expressos em ângulos de Euler;
-s x	Define a resolução angular do laser 3D;
-s2 x	Define a resolução angular do laser 2D;
-a x y	Define a abertura angular do laser 3D;
-a2 x y	Define a abertura angular do laser 2D (o segundo ângulo é ignorado por se tratar de um laser 2D);
-c x	Define o número de objectos de calibração que irão ser usados no modelo. Caso seja apenas definido um objecto de calibração, não é necessário definir esta opção;
-f FILE	Define um ficheiro onde estão os parâmetros do objecto de calibração extra a adicionar ao modelo. É necessário definir o número de objectos de calibração igual ao valor definido na opção “-c X”, definindo X-1 ficheiros.

Por omissão, os parâmetros dos lasers são:

<b>Laser 3D</b>	<b>Laser 2D</b>
<b>Posição: (0, 0, 1.5)</b>	<b>Posição: (0, 0.5, 0.5)</b>
<b>Ângulos de Euler: (0, 0, 0)</b>	<b>Ângulos de Euler: (0,0,0)</b>
<b>Ângulo de abertura: (180,180)</b>	<b>Ângulo de abertura: 180</b>
<b>Resolução angular: 0.5</b>	<b>Resolução angular: 0.5</b>
<b>Alcance: 30</b>	<b>Alcance: 30</b>

De seguida são apresentados alguns exemplos de execução da aplicação.

./LaserCalibration model.ply – Esta é a execução mais simples com os parâmetros por omissão e usando um objecto de calibração.



```
./LaserCalibration model.ply -c 3 -f CalModel2.txt -f CalModel3.txt -p 0 1 1.5 -p2 0.5 1 1 –
```

Definição de um total de 3 objectos de calibração (-c 3) cujos 2 objectos de calibração extra a adicionar estão definidos nos ficheiros e a alteração da posição do laser 2D e 3D.

## 1.2.Dados reais

Em dados reais é necessário definir o número de objectos de calibração a ser usados e definir os ficheiros que contêm a nuvem de pontos do laser 2D e 3D (estes ficheiros têm que estar no formato .asc). Além disso tem que estar presente o ficheiro “CalibrationModel.txt” com os parâmetros do objecto de calibração usado. Como referido no início do capítulo, apenas são tidos em conta pela aplicação os parâmetros de altura, raio do cone e distância entre cones.

A execução da aplicação efectua-se da seguinte forma:

```
./LaserCalibration [File3D.asc] [-c] -l [File2D.asc]
```

Caso sejam usados mais do que um objecto de calibração é necessário definir o parâmetro “-c” seguido do número total de objectos de calibração presentes na cena.

## 2. Processo de calibração

O processo de calibração em dados simulados e reais é análogo, pelo que será dado exemplo usando dados simulados. Foi usado como modelo inicial um modelo triangulado em formato .ply, com os seguintes parâmetros:

```
./LaserCalibration triangulateOficina.ply -c 3 -f CalModel2.txt -f CalModel3.txt -p2 0 -0.5 0.8 -d2 -3 7 0
```

Surgirão duas janelas de visualização de acordo com a Fig. 2.1. Do lado esquerdo está presente o laser 3D a preto e o laser 2D a vermelho. Do lado direito está presente apenas o laser 2D.

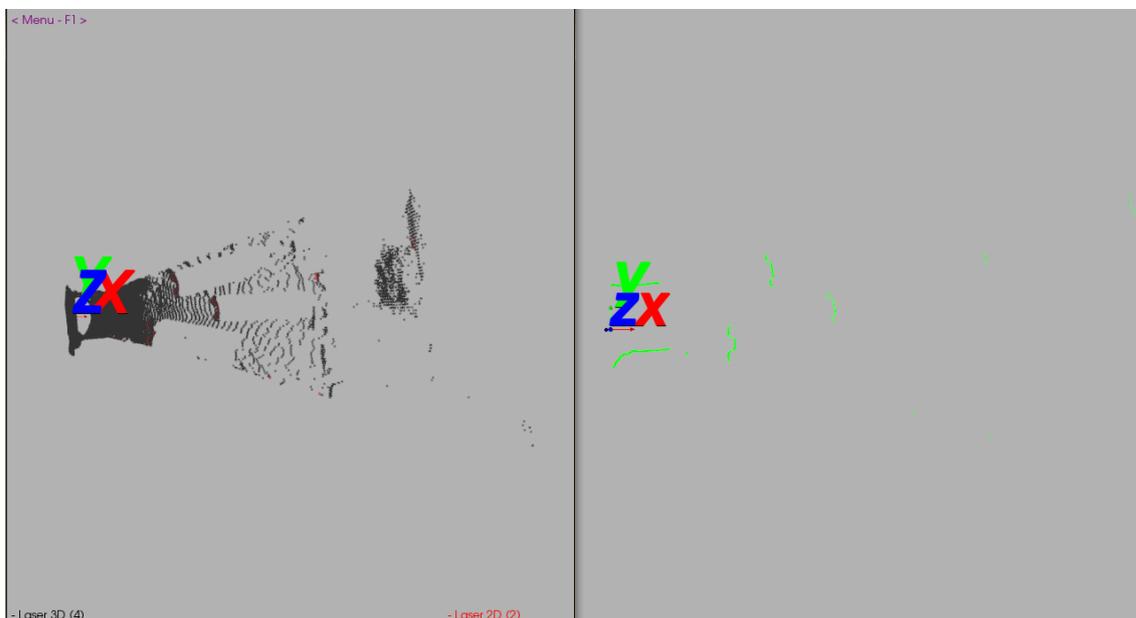


Fig. 2.1 - Janelas de visualização da aplicação.

Para interacção com o modelo poderá ser o usado o rato para navegação: arrastar (botão central), *zoom* (*scroll*), botão esquerdo do rato para rodar modelo. Quanto ao teclado, são possíveis as seguintes opções:

- Tecla j / Tecla t: alternância entre o estilo *joystick* (sensível à posição) e *trackball* (sensível ao movimento). Em modo *joystick* o movimento é contínuo com o botão do rato carregado. No modo *trackball*, o movimento ocorre quando o botão do rato é carregado e o ponteiro do rato é movimentado;
- Tecla e ou q: saída da aplicação;
- Tecla f: definição de um ponto focal;
- Tecla p: operação de selecção;

- Tecla r: *reset* da câmara para a posição inicial;
- Tecla s: modificação da representação dos actors em superfícies;
- Tecla w: modificação da representação dos actors em *wireframe*.

Serão descritos nas secções seguintes o processo de calibração. São explicadas primeiramente as operações a efectuar no laser 3D e por fim as operações ao laser 2D. A ordem da escolha dos lasers não é relevante.

### 1.3.Laser 3D

No laser 3D, pode ser activado um menu que explique as operações a efectuar ao laser 3D através das teclas “F1” para mostrar o menu, seguido de “1” para a opção do laser 3D. O utilizador procede à selecção (tecla p) de dois pontos no objecto de calibração: um ponto (vermelho) corresponderá ao centro do objecto de calibração e um segundo ponto (azul) a um ponto no mesmo plano do ponto a vermelho, conforme ilustrado na Fig. 2.2. O ponto seleccionado para a interacção é o ponto que se encontra mais próximo do ponteiro do rato, pelo que o utilizador terá que ter o cuidado de aproximar o ponteiro do rato ao ponto que deseja mover.

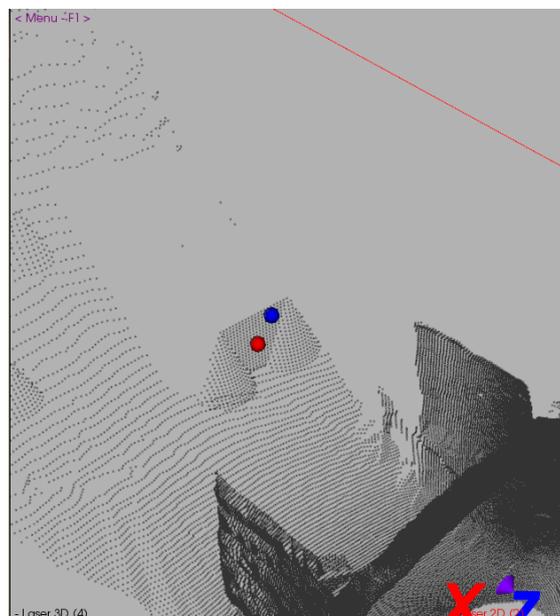


Fig. 2.2 - Selecção de dois pontos no objecto de calibração.

Após a selecção, procede-se à filtragem dos dados, pressionando a tecla “b”. Desta forma os dados são filtrados de acordo com o ilustrado na Fig. 2.3. Se a filtragem não é adequado e se é

pretendido corrigir a selecção dos pontos, é necessário activar o modelo inicial e desactivar o modelo filtrado. Como está presente em legenda na janela, é necessário pressionar a tecla “4” e “9”. Desta forma é possível corrigir a selecção e voltar a filtrar os dados.

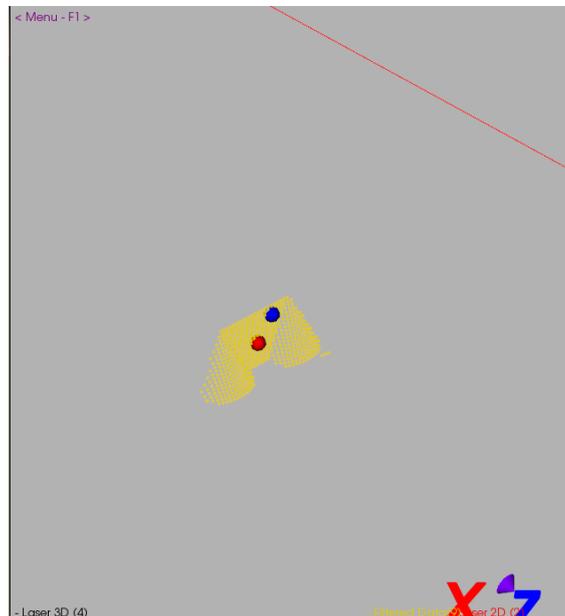


Fig. 2.3 - Filtragem dos dados 3D

Após a filtragem, pressiona-se a tecla “n” para que seja ajustado o objecto de calibração aos pontos filtrados, ilustrado na Fig. 2.4. A Azul está o modelo ajustado e a vermelho o modelo na posição inicial, dada pelos pontos seleccionados. A sua visualização pode ser activada ou desactivada de acordo com as opções ilustradas na janela de visualização.



Fig. 2.4 - Ajuste do modelo de calibração aos pontos filtrados

Por fim, se o ajuste estive correcto, pressiona-se a tecla “F10” para guardar os resultados. Desta forma termina-se a identificação do objecto de calibração na nuvem de pontos 3D. Se existirem diversos objectos de calibração na cena, é necessário repetir todo o processo para todos os objectos (selecção de pontos, filtragem, ajuste do objecto de calibração e salvaguarda dos resultados). A ordem de selecção dos objectos de calibração é importante pois a ordem de selecção no laser 2D terá que ser a mesma da realizada neste processo.

### 1.4.Laser 2D

Na calibração do laser 2D é necessário pressionar em “F1” para activar o menu, seguido de “2” para escolher a segunda opção de calibração do laser 2D. A janela terá o aspecto ilustrado na Fig. 2.5.

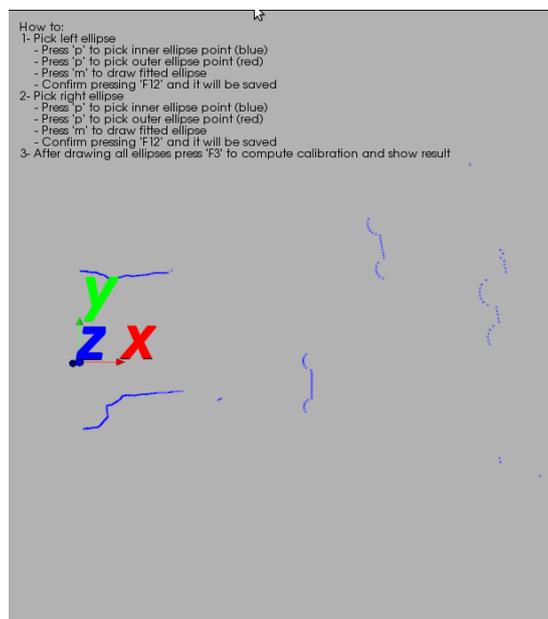


Fig. 2.5 - Dados do laser 2D

Procede-se à selecção de pontos dos arcos correspondentes aos cones do objecto de calibração. Lembra-se de que a ordem de selecção de pontos do objecto de calibração terá que ser igual à ordem efectuada no laser 3D. A selecção e a ordem de selecção dos pontos nos arcos é descrita na Fig. 2.6. A selecção de pontos é feita através da tecla “p”, sendo o Ponto 1 e Ponto 3 um ponto a vermelho e o Ponto 2 e Ponto 4 um ponto a azul. Os pontos usados na selecção são alternados, ou seja, pressionando a tecla “p” é colocado o ponto vermelho num ponto e a segunda selecção é feita com o ponto azul.

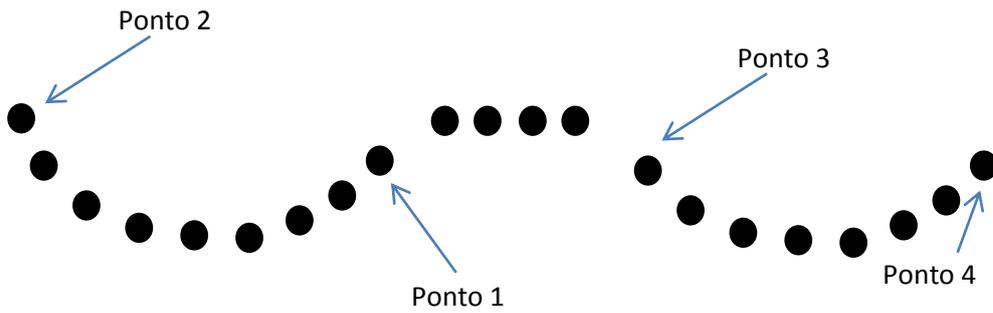


Fig. 2.6 - Ordem de selecção de pontos das elipses no laser 2D

A selecção no primeiro arco (esquerda) é conforme ilustrado na Fig. 2.7.

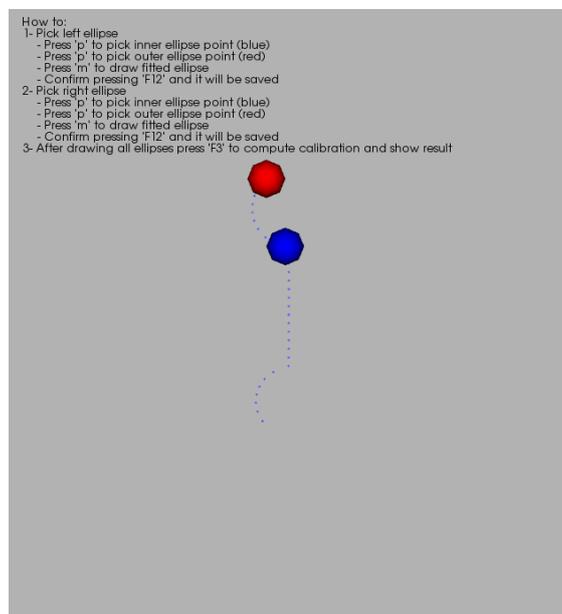


Fig. 2.7 - Selecção de pontos no arco da elipse

De seguida é pressionada a tecla “m” para construir a elipse que melhor aproxima os pontos comprometidos entre a selecção efectuada, estando o resultado ilustrado na Fig. 2.8. Caso a elipse não esteja correcta ou se é pretendida a correcção da selecção de pontos, pode ser pressionada a tecla “c” para remover a elipse criada e voltar a efectuar o processo de selecção.

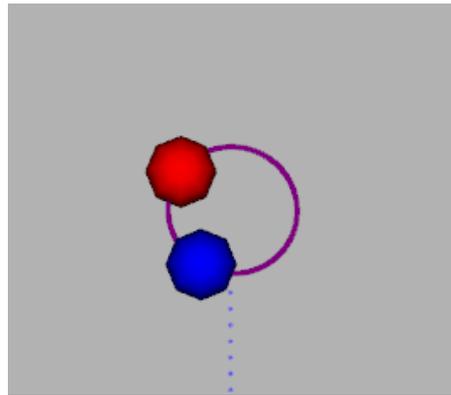


Fig. 2.8 - Construção da elipse

Quando a elipse se encontra correcta, é pressionada a tecla “F12” para guardar a elipse, efectuando de seguida o mesmo processo de selecção dos pontos e construção da elipse no outro arco, ilustrado na Fig. 2.9.

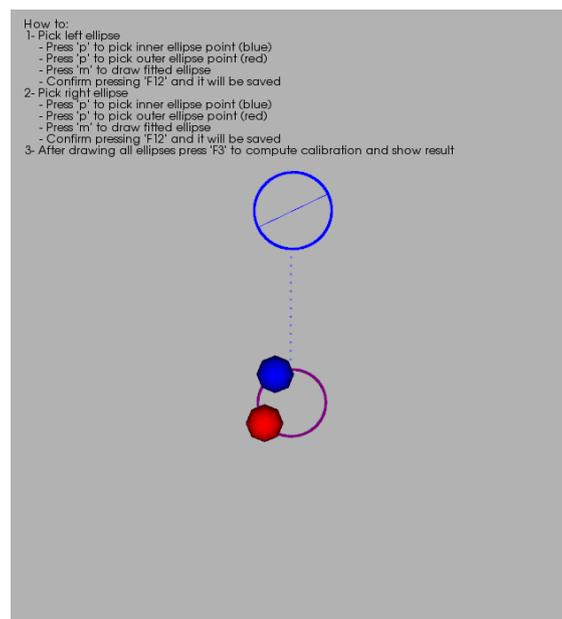


Fig. 2.9 - Selecção de pontos da segunda elipse

Este processo é efectuado para todos os objectos de calibração, obtendo no final um conjunto de 6 elipses, 2 por cada objecto de calibração, ilustrado na Fig. 2.10.

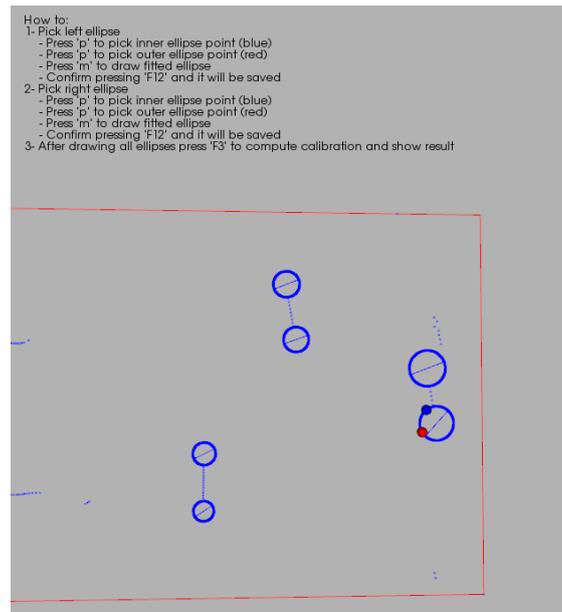


Fig. 2.10 - Construção de todas as elipses

Após isto, é pressionada a tecla “F3” para obter a calibração.

## 2. Análise de resultados

Com o processo de calibração terminado, aparecerá na janela de visualização do laser 3D o resultado do processo de calibração. A vermelho os dados originais (ou no caso de dados simulados dados ideais) e a amarelo o resultado com a aplicação do processo de calibração, ilustrado na Fig. 2.1. Neste caso, os dados sobrepõem-se mas com a activação/desactivação dos dados é possível visualizar os dados originais ou após calibração (tecla “2” para dados originais ou tecla “9” para dados calibrados).

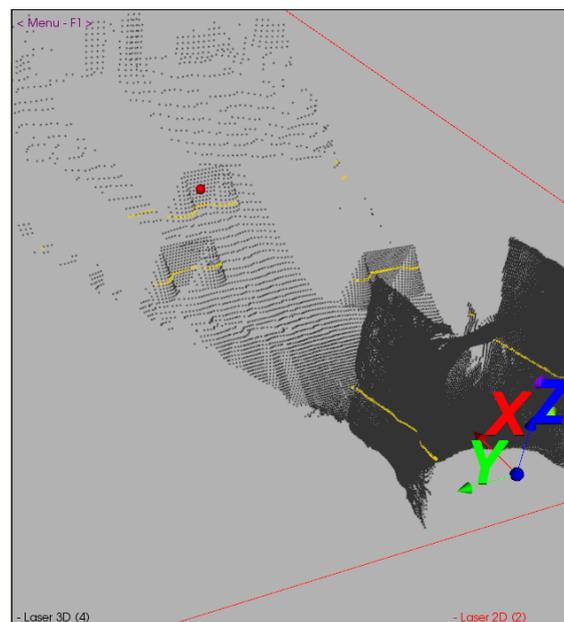


Fig. 2.1 - Resultado da calibração

É obtida na janela da consola a matriz de calibração resultante para aplicação ao laser 2D. Para os dados simulados é incluído um cálculo da distância máxima e média entre os pontos ideais do laser 2D e o correspondente ponto após calibração, para quantificação da precisão. Estes dados estão ilustrados na Fig. 2.2.

```

Elements:
 0.992677 -0.00394848 0.120736 -0.00117287
 -0.00241442 0.998618 0.0525093 -0.502476
 -0.120777 -0.0524162 0.991295 0.796899
 0 0 0 1

Max Distance between 2 correspondent points: 0.009647
Min Distance between 2 correspondent points: 0.000000
Mean Distance between 2 correspondent points: 0.003673
--> 2nd (ideal) laser active
    
```

Fig. 2.2 - Matriz de calibração e precisão dos dados Simulados