

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

RELATÓRIO DA UNIDADE CURRICULAR DE VISÃO COMPUTACIONAL  
DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

---

## **Trabalho Prático**

---

*Autores:* Marco Gameiro Nº: 2213276

*Docente:* Paulo Coelho

Leiria, 3 de janeiro de 2023

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

# Índice

<b>Lista de Figuras</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Desenvolvimento</b>	<b>3</b>
2.1 Cálculo do mapa de profundidade, usando visão <i>stéreo</i> . . . . .	3
2.2 Cálculo do número de pessoas dentro do laboratório . . . . .	3
2.3 Calibração do sistema <i>stéreo</i> . . . . .	5
2.4 GUI desenvolvida . . . . .	6
<b>3 Conclusão</b>	<b>13</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>13</b>

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

## Lista de Figuras

2.1	Fluxograma para obtenção, em tempo real do mapa de profundidade para cada iteração, e posterior comparação deste com o fornecido pela câmara, recorrendo ao algoritmo de Welford. . . . .	3
2.2	Mapas de profundidade: <b>(a)</b> - Mapa de profundidade fornecido pela câmara para um determinado instante; <b>(b)</b> - Mapa de profundidade calculado a partir dos dados das duas câmaras infravermelhos, para o mesmo instante. . . . .	4
2.3	Fluxograma para obtenção, em tempo real, dos dados, num ficheiro CSV, a partir da leitura de um ficheiro <i>.bag</i> . . . . .	4
2.4	Algoritmo de pré-processamento para obter a imagem do tabuleiro de xadrez . . . .	6
2.5	Imagens exemplo: <b>(a)</b> - Da esquerda; <b>(b)</b> - Da direita (fonte: <a href="https://www.kaggle.com/datasets/danielwe14/stereocamera-chessboard-pictures">https://www.kaggle.com/datasets/danielwe14/stereocamera-chessboard-pictures</a> ) .	6
2.6	Resultado do algoritmo de pré-processamento: <b>(a)</b> - Imagem da esquerda, de calibração; <b>(b)</b> - Imagem da esquerda do tabuleiro de xadrez (após o aplicação do algoritmo de pré-processamento) . . . . .	7
2.7	Matriz da câmara, antes e após calibração, para a imagem exemplo da esquerda . . .	7
2.8	Matriz da câmara, antes e após calibração, para a imagem exemplo da direita . . . .	7
2.9	Fluxograma para calibração da câmara a utilizar . . . . .	8
2.10	Matriz da câmara, antes e após calibração, sem pré-processamento . . . . .	8
2.11	Menu geral . . . . .	8

2.12 Sequência de janelas auxiliares da 1ª tarefa: <b>(a)</b> - Especificação do nome do ficheiro CSV e da distância entre as duas câmaras de infravermelhos; <b>(b)</b> - Especificação dos ficheiros <i>metadata</i> , das câmaras da esquerda e da direita; <b>(c)</b> - Opção de <i>streaming</i> para um determinado tempo específico; <b>(d)</b> - Especificação do tempo de <i>streaming</i> , em segundos. . . . .	9
2.13 Parte do ficheiro CSV correspondente à 1ª tarefa . . . . .	10
2.14 Sequência de janelas auxiliares da 2ª tarefa: <b>(a)</b> - Especificação do nome do ficheiro CSV e do número de pessoas inicial presente no laboratório; <b>(b)</b> - Opção de <i>streaming</i> para um determinado tempo específico; <b>(c)</b> - Especificação do tempo de <i>streaming</i> , em segundos. . . . .	10
2.15 Controlo do número de pessoas dentro do laboratório . . . . .	10
2.16 Parte do ficheiro CSV correspondente à 2ª tarefa . . . . .	11
2.17 Sequência de janelas auxiliares da tarefa extra: <b>(a)</b> - Especificação da imagem, em formato <i>.png</i> que se pretende utilizar como ficheiro de calibração; <b>(b)</b> - Especificação do ficheiro <i>metadata</i> , em formato <i>.csv</i> , onde se encontram detalhados os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmara a utilizar. . . . .	11
2.18 Controlo dos parâmetros de calibração . . . . .	11
2.19 Parte do ficheiro CSV correspondente à tarefa extra . . . . .	12

## Lista de Tabelas

2.1	Comparação entre o número real de pessoas que ficaram no laboratório e o calculado pelo algoritmo, a cada entrada/saída, para um número inicial de 10 pessoas no laboratório. . . . .	5
-----	---	---

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.



# **1 Introdução**

Pretende-se monitorizar o número de pessoas que entram e saem do laboratório, de modo a garantir que o número de pessoas que fica dentro do laboratório não é superior ao estipulado pelas medidas de combate contra o COVID19. Nesse sentido é utilizado um sensor Intel RealSense RGBD, modelo D435.

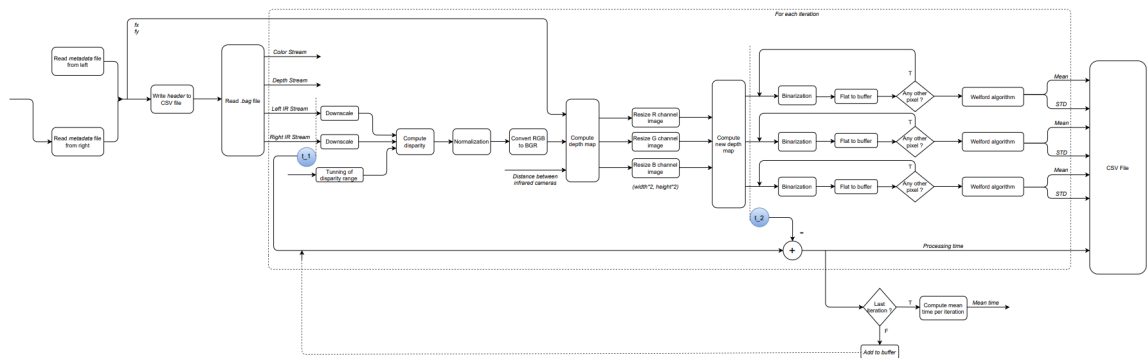
O trabalho desenvolvido está estruturado em três tarefas, sendo que a tarefa final constitui uma tarefa extra, relativa à calibração de câmaras. Na primeira tarefa o objetivo é o de calcular o mapa de profundidade, para cada iteração, a partir dos dados das duas câmaras infravermelhos e compará-lo com o fornecido pela câmara, utilizando o algoritmo de Welford. Já na segunda tarefa, pretende-se saber o número de pessoas que estão no laboratório, através da contagem do número de pessoas que entram e saem do mesmo. Para este trabalho, considerou-se um número inicial de pessoas dentro do laboratório diferente de 0.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

## 2 Desenvolvimento

### 2.1 Cálculo do mapa de profundidade, usando visão *stéreo*

Está representado na figura 2.1 o fluxograma relativo ao cálculo do mapa de profundidade para cada iteração, e posterior comparação deste com o fornecido pela câmara, recorrendo ao algoritmo de Welford.



**Figura 2.1:** Fluxograma para obtenção, em tempo real do mapa de profundidade para cada iteração, e posterior comparação deste com o fornecido pela câmara, recorrendo ao algoritmo de Welford.

Na figura 2.2 estão representados, respetivamente, o mapa de profundidade obtido pela câmara e o mapa de profundidade estimado.

Verificou-se que o tempo médio do cálculo do mapa de profundidade para cada iteração (tendo por base 15 iterações), é de 2,24 segundos.

### 2.2 Cálculo do número de pessoas dentro do laboratório

Está representado na figura 2.3 o fluxograma relativo ao cálculo de pessoas dentro do laboratório, desde a leitura do ficheiro do tipo *.bag*, até à escrita, em tempo real, para um ficheiro CSV.



4

Com base na tabela, pode-se aferir que a máxima precisão alcançada pelo algoritmo desenvolvido, relativamente à natureza do movimento de uma pessoa (entrada ou saída) é de 62.50 %, tendo-se obtido uma precisão média de 48.13 %.

**Tabela 2.1:** Comparação entre o número real de pessoas que ficaram no laboratório e o calculado pelo algoritmo, a cada entrada/saída, para um número inicial de 10 pessoas no laboratório.

Nº de entrada/saída	Nº pessoas real	Nº pessoas calculado
1	11	11
2	12	12
3	13	13
4	12	12
5	11	13
6	12	14
7	13	15
8	12	14
9	13	15
10	12	16
11	11	17
12	10	18
13	11	19
14	12	20
15	11	21
16	10	22

Verificou-se que o tempo médio de execução do algoritmo, sempre que é detetada uma entrada/saída, é de 1,894 segundos.

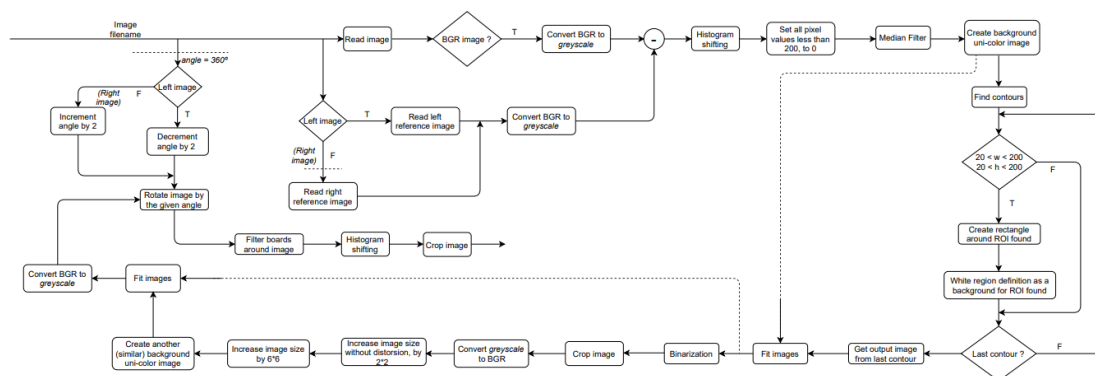
### 2.3 Calibração do sistema *stéreo*

Está representado na figura 2.9 o fluxograma relativo à calibração da câmara a utilizar. Na figura 2.10 estão representadas as matrizes de calibração da câmara, para a imagem da esquerda, sem qualquer tipo de pré-processamento.

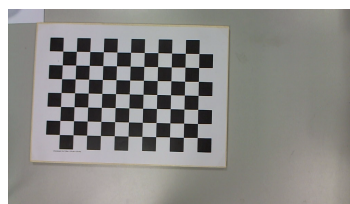
Verificou-se que a aplicação do mesmo algoritmo para a imagem da direita não é possível. Nesse sentido, desenvolveu-se um algoritmo de pré-processamento, descrito na figura 2.4 com o objetivo de fazer a segmentação da zona da imagem onde está o tabuleiro de xadrez. No entanto, não foi possível

mesmo assim tornar o algoritmo global mais flexível. Aplicando o algoritmo de pré-processamento à imagem da esquerda, obtém-se a imagem representada na figura 2.6

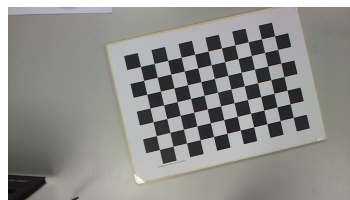
Testou-se o algoritmo, sem a etapa de pré-processamento, com as imagens exemplo da figura 2.5, tendo-se obtido as matrizes de calibração presentes nas figuras 2.7 e 2.8.



**Figura 2.4:** Algoritmo de pré-processamento para obter a imagem do tabuleiro de xadrez



**((a))**



**((b))**

**Figura 2.5:** Imagens exemplo: **(a)** - Da esquerda; **(b)** - Da direita (fonte: <https://www.kaggle.com/datasets/danielwe14/stereocamera-chessboard-pictures>)

Verificou-se que o tempo médio de execução do algoritmo de calibração da câmara é de 6.05 segundos (sem a parte de pré-processamento).

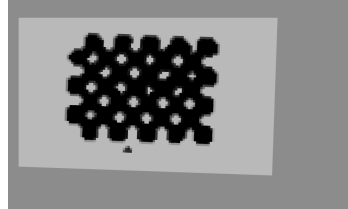
## 2.4 GUI desenvolvida

Esta representado na figura 2.11 o menu geral, sendo que cada opção deste corresponde a uma tarefa em específico.

Se se escolher a primeira opção:



((a))



((b))

**Figura 2.6:** Resultado do algoritmo de pré-processamento: **(a)** - Imagem da esquerda, de calibração ; **(b)** - Imagem da esquerda do tabuleiro de xadrez (após o aplicação do algoritmo de pré-processamento)

$$\begin{bmatrix} 425.79 & 0 & 426.80 \\ 0 & 425.79 & 234.03 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((a))

$$\begin{bmatrix} 1786.78 & 0 & 559.38 \\ 0 & 1821.75 & 330.59 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((b))

**Figura 2.7:** Matriz da câmara, antes e após calibração, para a imagem exemplo da esquerda

$$\begin{bmatrix} 425.79 & 0 & 426.80 \\ 0 & 425.79 & 234.03 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((a))

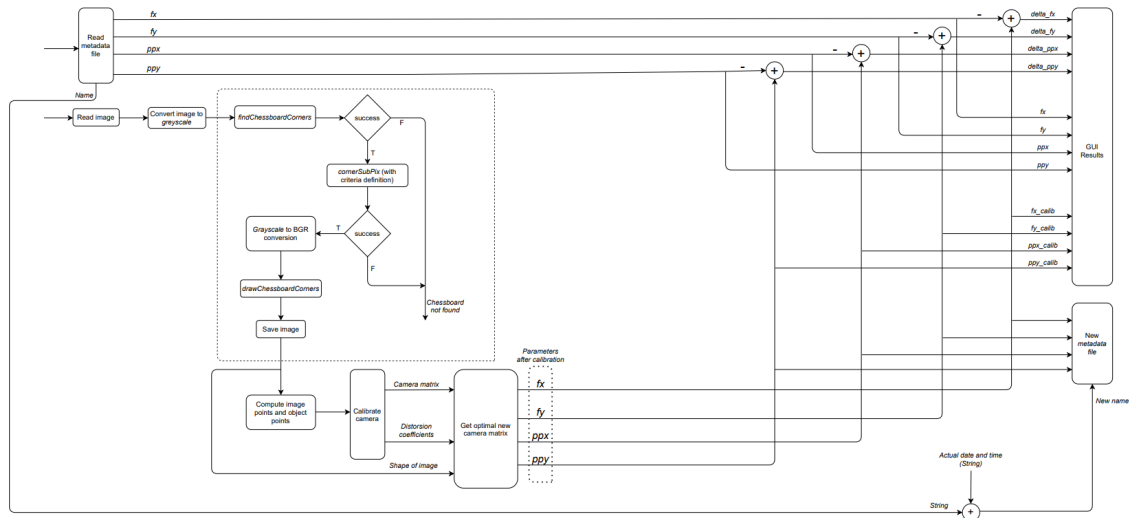
$$\begin{bmatrix} 2498.71 & 0 & 506.83 \\ 0 & 2455.64 & 273.44 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((b))

**Figura 2.8:** Matriz da câmara, antes e após calibração, para a imagem exemplo da direita

1. É apresentada a sequência de janelas auxiliares presente na figura 2.12

O ficheiro CSV cujo nome é especificado na figura 2.12(a) conterà, para cada iteração:



**Figura 2.9:** Fluxograma para calibração da câmara a utilizar

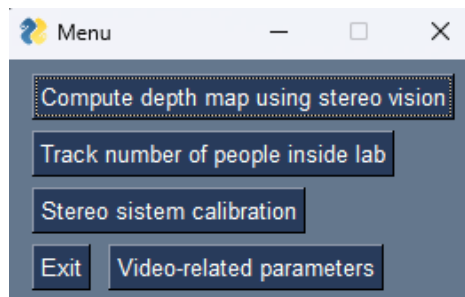
$$\begin{bmatrix} 425.79 & 0 & 426.80 \\ 0 & 425.79 & 234.03 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((a))

$$\begin{bmatrix} 240.08 & 0 & 412.25 \\ 0 & 320.02 & 261.35 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

((b))

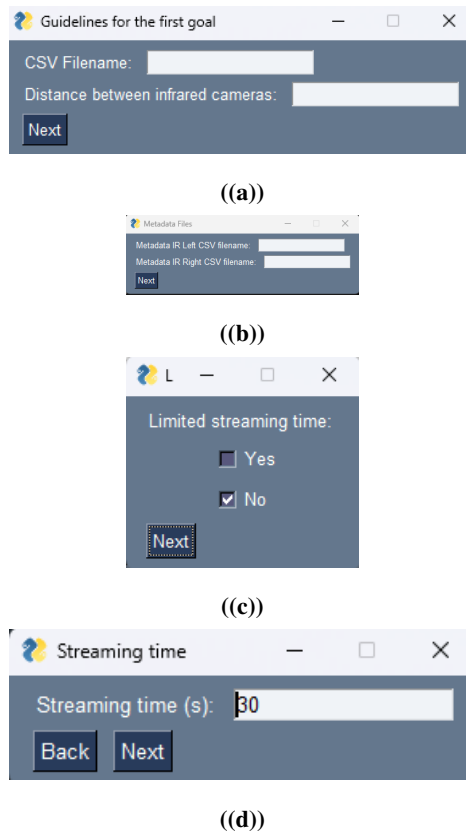
**Figura 2.10:** Matriz da câmara, antes e após calibração, sem pré-processamento



**Figura 2.11:** Menu geral

- Valor médio dos píxeis da imagem do canal B correspondente à imagem diferença entre o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.
- Desvio padrão dos píxeis da imagem do canal B correspondente à imagem diferença entre o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.
- Valor médio dos píxeis da imagem do canal G correspondente à imagem diferença entre





**Figura 2.12:** Sequência de janelas auxiliares da 1ª tarefa: **(a)** - Especificação do nome do ficheiro CSV e da distância entre as duas câmaras de infravermelhos; **(b)** - Especificação dos ficheiros *metadata*, das câmaras da esquerda e da direita; **(c)** - Opção de *streaming* para um determinado tempo específico; **(d)** - Especificação do tempo de *streaming*, em segundos.

o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.

- Desvio padrão dos píxeis da imagem do canal G correspondente à imagem diferença entre o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.
- Valor médio dos píxeis da imagem do canal R correspondente à imagem diferença entre o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.
- Desvio padrão dos píxeis da imagem do canal R correspondente à imagem diferença entre o mapa de profundidade calculado e o fornecido pela câmara.
- Tempo de processamento para obtenção do respetivo mapa de profundidade.

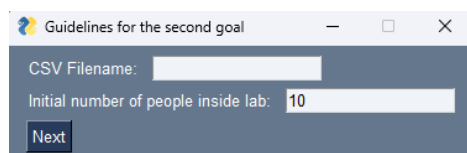
Na figura 2.13 está representado parte do ficheiro CSV correspondente à 1ª tarefa.

Se se escolher a segunda opção:

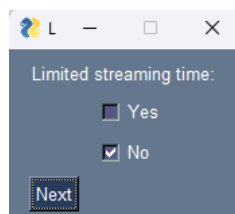
1. É apresentada a sequência de janelas auxiliares presente na figura 2.14.
2. É apresentada, periodicamente, uma janela com a seguinte informação (figura 2.15):
  - Número de pessoas que entraram.

Mean value (B Channel),	STD value (B Channel),	Mean value (G Channel),	STD value (G Channel),	Mean value (R Channel),	STD value (R Channel),	Processing time (sec.)
185.16655754689367	77.55395454992278	198.62181382955447	81.82686568435382	199.7768769387628	77.523728821663	0.734375
185.4976831936748	77.55991445334975	187.63216863928216	83.72500502451319	198.331574060495	78.6502070082689	2.3475
190.1426765630576	76.80124195751249	190.1054298320826	82.58979232963198	200.47098105482235	78.58459890666	2.34375
198.3462972762765	77.249949435618695	198.2568529544487	82.72032446023944	200.12976912807306	77.58267360290023	1.765625
188.15745922262698	77.66647119820912	194.411126431466	81.20263587354414	196.3224149073428	80.6518077755757	2.484375
181.7105002159777	77.83281597726736	198.3754457114475	83.05706231697611	202.34725740690575	75.5424510352649	2.53125
185.753627119378	77.30035035947795	191.43698651540623	82.28571254370381	194.8991744707257	81.87913449075424	2.484375
188.18833601628288	77.3960857284065	195.45660867099852	80.27419528106222	195.88810650951876	76.23113873412196	2.546875
190.88425890932576	76.97801164870154	188.56639312564185	83.24897981127599	201.22748211397734	76.51347193020067	2.640625
189.9732205804805	77.57402861667447	190.506348495495	81.66427490844303	200.5740380815219	76.9906412874658	2.5625
187.0726513491614	76.6844951676919	198.19883577988102	83.26614803260529	199.92586324905488	77.4975161760653	2.25
188.39231186605163	77.59009483506821	193.341830447749	80.37023754376092	201.9186465397687	78.18718939927685	2.3125
187.9731480818975	77.61092860043536	191.0316449897015	81.251897995646	200.5688114121776	76.12546687988619	2.28125
188.67826002503602	77.28110046262108	190.35959436368236	81.61666231753348	199.49276199941718	78.17391077281432	2.59125
188.06568676120392	77.7491435678471	189.36078631107904	82.97820366929252	199.79080314149498	77.6984362117942	2.453125

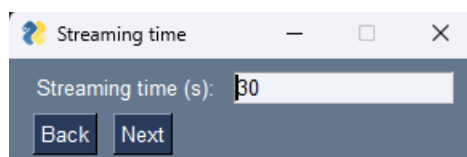
**Figura 2.13:** Parte do ficheiro CSV correspondente à 1ª tarefa



**((a))**



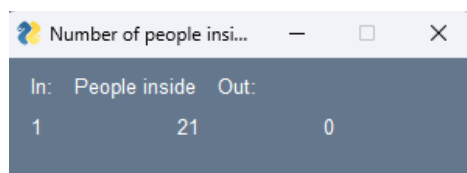
**((b))**



**((c))**

**Figura 2.14:** Sequência de janelas auxiliares da 2ª tarefa: **(a)** - Especificação do nome do ficheiro CSV e do número de pessoas inicial presente no laboratório; **(b)** - Opção de *streaming* para um determinado tempo específico; **(c)** - Especificação do tempo de *streaming*, em segundos.

- Número de pessoas que se encontram dentro do laboratório.
- Número de pessoas que saíram.



**Figura 2.15:** Controlo do número de pessoas dentro do laboratório

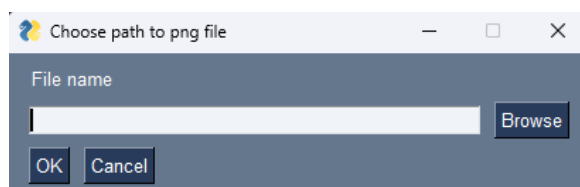
Na figura 2.16 está representado parte do ficheiro CSV correspondente à 2ª tarefa.

Se se escolher a 3ª opção, que corresponde à tarefa extra:

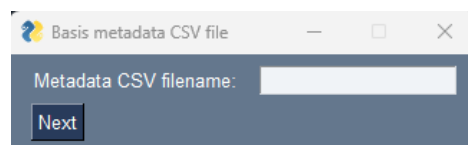
# Group 1, 2213276, Marco Gameiro			
13:27:27, none, 10			
13:27:35, in, 10			
13:28:04, in, 11			
13:28:11, in, 12			
13:28:25, in, 13			
13:28:31, out, 12			
13:28:38, out, 11			
13:28:48, in, 12			
13:29:03, in, 13			
13:29:27, in, 14			
13:29:56, in, 15			
13:30:03, in, 16			
13:30:21, in, 17			
13:30:29, in, 18			
13:30:39, out, 17			
13:30:52, in, 18			
13:31:06, in, 19			

**Figura 2.16:** Parte do ficheiro CSV correspondente à 2ª tarefa

1. É apresentada a sequência de janelas auxiliares presente na figura 2.17.



((a))



((b))

**Figura 2.17:** Sequência de janelas auxiliares da tarefa extra: (a) - Especificação da imagem, em formato *.png* que se pretende utilizar como ficheiro de calibração; (b) - Especificação do ficheiro *metadata*, em formato *.csv*, onde se encontram detalhados os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmara a utilizar.

2. No final é apresentada a janela de resultados presente na figura 2.18.

Camera calibration results		
Parameters before calibration:	Parameters after calibration:	Results:
Fx: 425.789124	Fx Calib: 240.0830078125	Fx Progression: -185.70611618750002
Fy: 425.789124	Fy Calib: 320.0244445800781	Fy Progression: -105.76467941992189
PPx: 426.796204	PPx Calib: 412.25051672779955	PPx Progression: -14.545687272200439
PPy: 234.031616	PPy Calib: 261.35247491283735	PPy Progression: 27.320858912837338
		Back

**Figura 2.18:** Controlo dos parâmetros de calibração

Na figura 2.19 está representado parte do ficheiro CSV correspondente à tarefa extra

Type, Infrared 1		
Format, Y8		
Frame Number, 1690		
Timestamp (ms), 1604506748310.08		
Resolution x, 848		
Resolution y, 480		
Bytes per pixel, 1		
Intrinsic;		
Fx, 1786.7794189453125		
Fy, 1821.7476806640625		
PPx, 559.376274756316		
PPy, 330.5581696442514		
Distorsion, Brown Conrady		

**Figura 2.19:** Parte do ficheiro CSV correspondente à tarefa extra

### **3 Conclusão**

Para mais informação sobre como executar cada um dos *scripts*, consultar ficheiro README em anexo.

A realização deste trabalho permitiu consolidar o conhecimento apreendido durante as aulas, através da aplicação de técnicas de visão computacional num contexto real.