

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, 11 de janeiro de 2023

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Índice

Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
1 Introdução	1
2 Desenvolvimento	3
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
3 Conclusão	13
Bibliografia	13

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

Lista de Figuras

2.1	Fluxograma para obtenção, em tempo real do mapa de profundidade paracada iteração, e posterior comparação deste com o fornecido pela câmara, recorrendo ao algoritmo de Welford.	3
2.2	Mapas de profundidade: (a) - Mapa de profundidade fornecido pela câmara para um determinado instante; (b) - Mapa de profundidade, em <i>greyscale</i> calculado a partir dos dados das duas câmaras infravermelhos, para o mesmo instante; (c) - Mapa de profundidade, em formato, 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: (a) - Da esquerda; (b) - Da direita (fonte: https://www.kaggle.com/datasets/danielwe14/stereocamera-chessboard-pictures)	6
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)	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: (a) - Especificação do nome do ficheiro CSV e da distância entre as duas câmaras de infravermelhos; (b) - Especificação dos ficheiros <i>metadata</i> , das câmaras da esquerda e da direita; (c) - Opção de <i>streaming</i> para um determinado tempo específico; (d) - 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: (a) - Especificação do nome do ficheiro CSV e do número de pessoas inicial presente no laboratório; (b) - Opção de <i>streaming</i> para um determinado tempo específico; (c) - 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: (a) - Especificação da imagem, em formato <i>.png</i> que se pretende utilizar como ficheiro de calibração; (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.

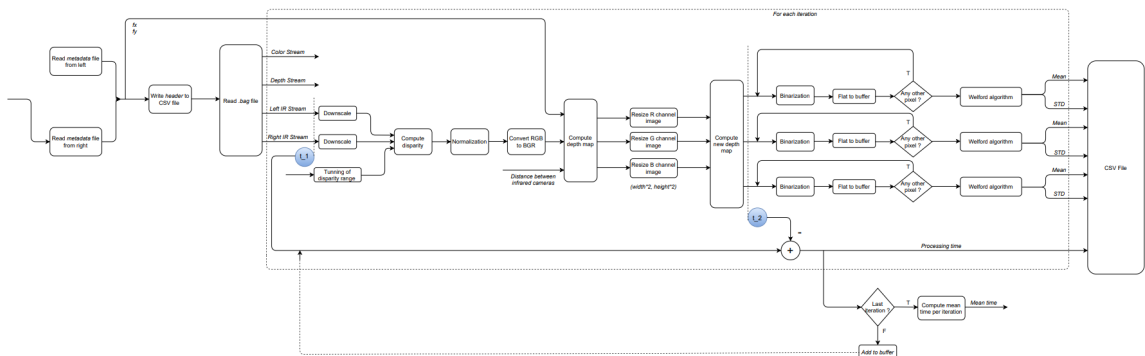


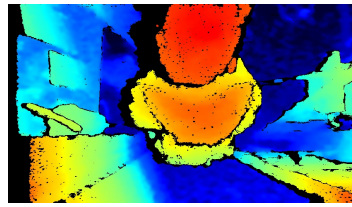
Figura 2.1: Fluxograma para obtenção, em tempo real do mapa de profundidade para cada iteração, e posterior comparação deste com o fornecido pela câmara, recorrendo ao algoritmo de Welford.

Na figura 2.2 estão representados, respetivamente, o mapa de profundidade obtido pela câmara, o mapa de profundidade estimado em *greyscale* e o mapa de profundidade a cores. O mapa de profundidade não ficou como desejado, possivelmente resultado de uma anterior binarização da imagem.

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

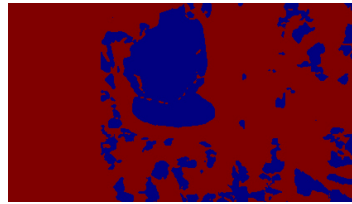
Está representado na figura 2.3 o fluxograma relativo ao cálculo de pessoas dentro do laboratório, desde a leitura do ficheiro do tipo *.bag*, até à escrita, em tempo real, para um ficheiro CSV.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.2: Mapas de profundidade: (a) - Mapa de profundidade fornecido pela câmara para um determinado instante; (b) - Mapa de profundidade, em *greyscale* calculado a partir dos dados das duas câmaras infravermelhos, para o mesmo instante; (c) - Mapa de profundidade, em formato, calculado a partir dos dados das duas câmaras infravermelhos, para o mesmo instante.

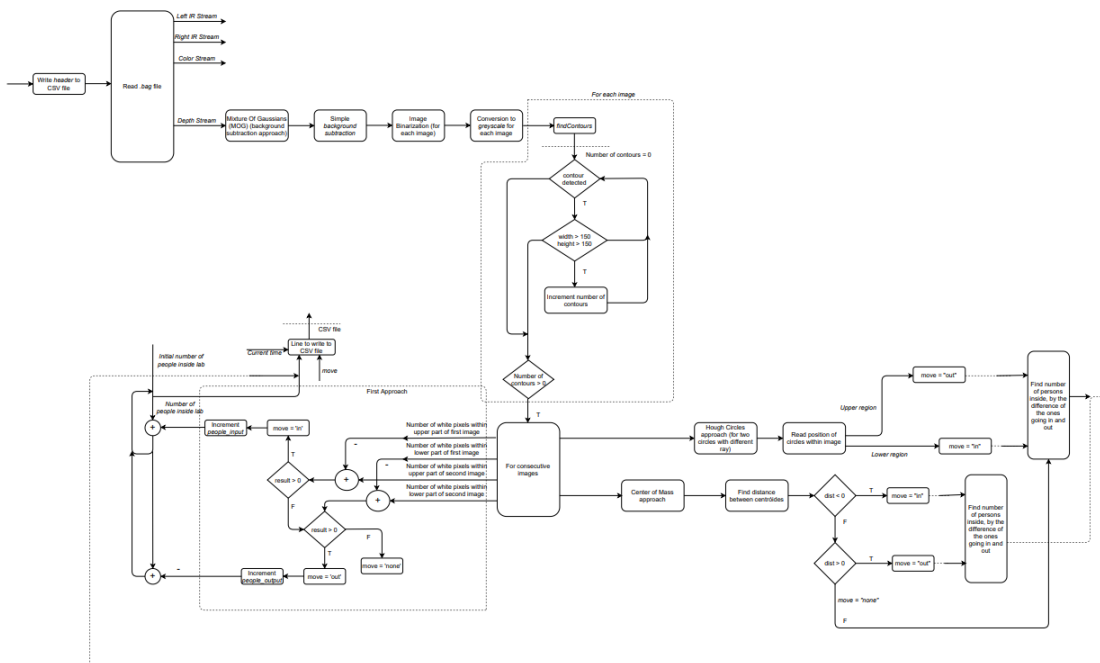


Figura 2.3: Fluxograma para obtenção, em tempo real, dos dados, num ficheiro CSV, a partir da leitura de um ficheiro *.bag*

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, embora não tenha resultado

completamente. 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.

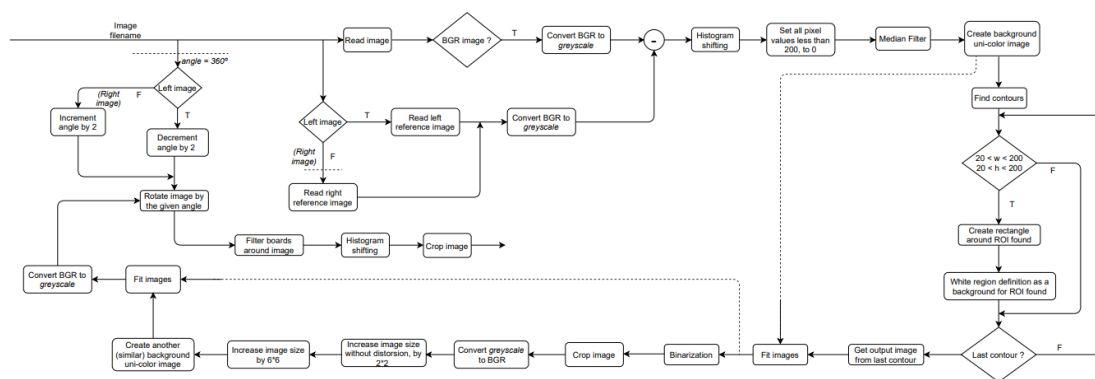
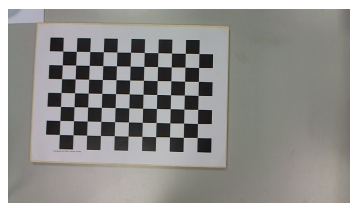
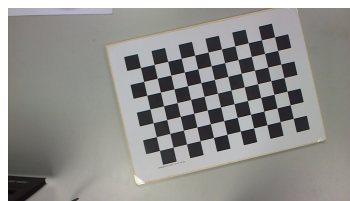


Figura 2.4: Algoritmo de pré-processamento para obter a imagem do tabuleiro de xadrez



((a))



((b))

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

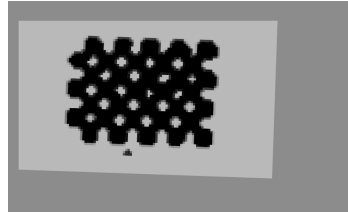
Verificou-se que o tempo médio de execução do algoritmo de calibração da câmara é de 6.05 segundos (sem a parte de pré-processamento).

2.4 GUI desenvolvida

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



((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

Se se escolher a primeira opção:

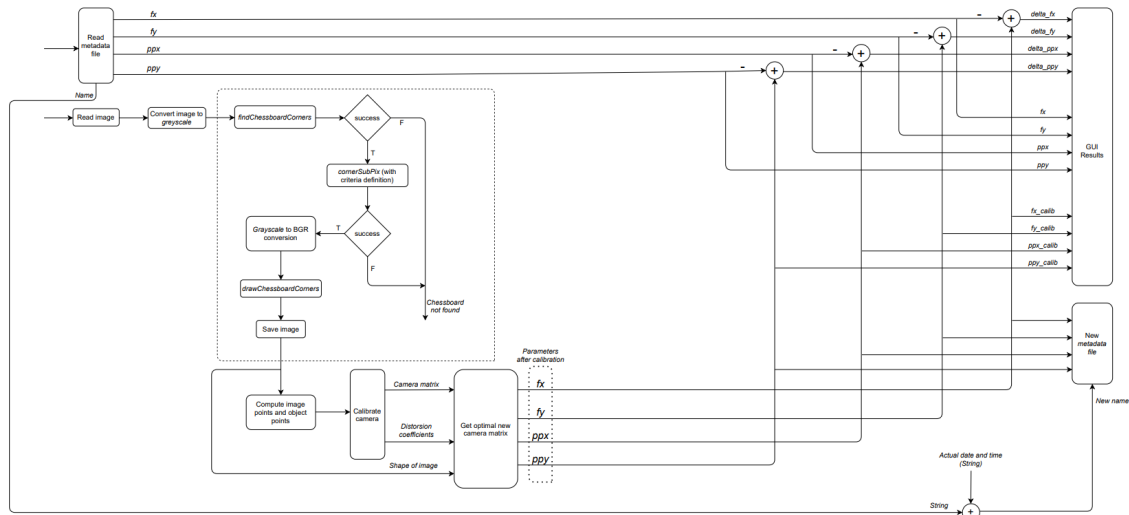


Figura 2.9: Fluxograma para calibração da câmara a utilizar

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

((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

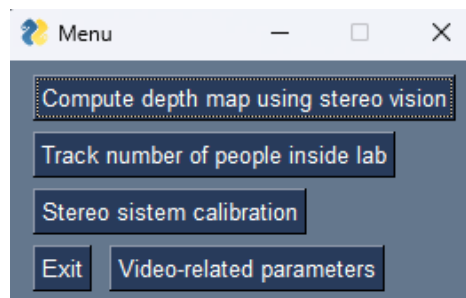


Figura 2.11: Menu geral

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) conterá, para cada iteração:

- 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

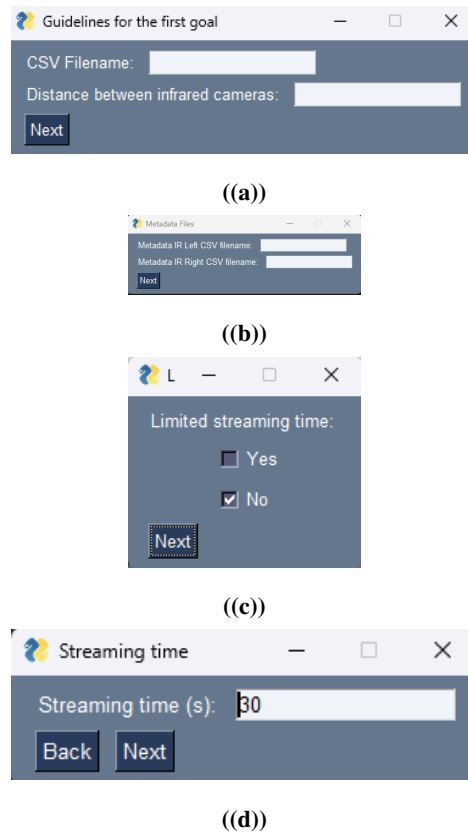


Figura 2.12: Sequência de janelas auxiliares da 1ª tarefa: **(a)** - Especificação do nome do ficheiro CSV e da distância entre as duas câmaras de infravermelhos; **(b)** - Especificação dos ficheiros *metadata*, das câmaras da esquerda e da direita; **(c)** - Opção de *streaming* para um determinado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

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 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.

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.)			
188.16655754689367, 77.55395494992278, 189.62181382955447, 81.82686568435382, 199.7768769387628, 77.77532788231653, 0.734375			
185.49798816396748, 77.95991445334975, 187.63216863928216, 83.72500502451139, 198.3315740604975, 78.6502070082689, 2.375			
190.1426765630576, 76.80124195751249, 190.10542983320826, 82.58979232963198, 200.47098105482235, 78.5844589806696, 2.34375			
189.34629277772635, 77.24994938516895, 189.25685295444487, 82.72032446023944, 200.12976912807306, 77.58267360290023, 1.765625			
188.15745922262698, 77.66471198209112, 194.4111126431466, 81.20263587354414, 196.32241149073428, 80.65185077755757, 2.484375			
188.71105002155738, 77.83281597726736, 189.3754457114475, 83.05706231697611, 202.34725740690575, 75.5424510532649, 2.53125			
188.7539627119777, 77.00335035947795, 191.43698651540623, 82.28571254370381, 194.8991747047257, 81.87013449074544, 2.484375			
188.18833601628288, 77.3960857284065, 195.45660867099852, 80.27419528106222, 195.88810650951876, 81.2311387241396, 2.546875			
190.88425890932592, 76.97801164870154, 188.95639312564185, 83.24897981127599, 201.22742811397734, 76.51437193020067, 2.640625			
189.97322058040805, 77.57402861667447, 190.5096348495945, 81.66427490844303, 200.5740380815219, 76.99064126784658, 2.5625			
188.0726513419614, 77.68484951676919, 189.19883577988102, 83.26614803260529, 199.92586234905488, 77.49715617560653, 2.25			
188.39231186601563, 77.59009483506821, 193.3418330447749, 80.37023754376092, 201.09186465944182, 76.18718939927685, 2.3125			
187.97371480818975, 77.61092860043536, 191.03316449897105, 81.2518979995646, 201.5688114121776, 76.12546687988619, 2.28125			
188.67826002503602, 77.28110046262108, 190.13959436368236, 81.61666231753348, 199.49276199941718, 78.31791077281432, 1.78125			
188.06568676120392, 77.74914356787471, 189.36078631107904, 82.97820366929352, 199.79080391414948, 77.79843612177942, 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.

2. É apresentada, periodicamente, uma janela com a seguinte informação (figura 2.15):

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

Number of people insi...		
In: People inside	Out:	
1	21	0

Figura 2.15: Controlo do número de pessoas dentro do laboratório

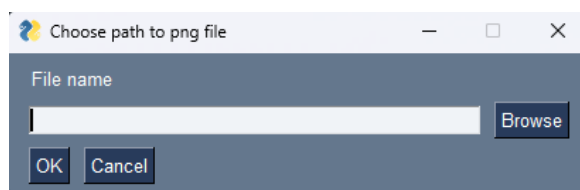
Na figura 2.16 está representado parte do ficheiro CSV correspondente à 2ª tarefa.

# 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			

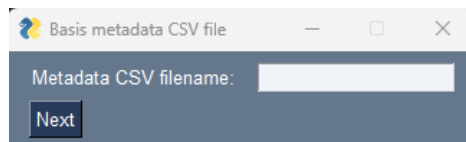
Figura 2.16: Parte do ficheiro CSV correspondente à 2ª tarefa

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

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:	
Fx:	425.789124	Fx Calib:	240.0830078125
Fy:	425.789124	Fy Calib:	320.0244445800781
PPx:	426.796204	PPx Calib:	412.25051672779955
PPy:	234.031616	PPy Calib:	251.35247491283735
		Results:	
		Fx Progression:	-185.70611618750002
		Fy Progression:	-105.76467941992189
		PPx Progression:	-14.545687272200439
		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.