

Marcela Guitarrara Nirschl Crozara

**UM SISTEMA DE CÓDIGO ABERTO PARA REGISTRO E  
ANÁLISE DE DADOS COMPORTAMENTAIS CATEGÓRICOS,  
MORFOLÓGICOS E CINEMÁTICOS EM ANIMAIS DE  
LABORATÓRIO**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-graduação em Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do Grau  
de Mestre em Engenharia Elétrica.  
Orientador: Prof. Dr. José Marino Neto

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Crozara, Marcela Guitarrara Nirschl  
Um Sistema de Código Aberto para Registro e  
Análise de Dados Comportamentais Categóricos,  
Morfológicos e Cinemáticos em Animais de Laboratório  
/ Marcela Guitarrara Nirschl Crozara ; orientador,  
José Marino Neto - Florianópolis, SC, 2017.  
210 p.

- Universidade Federal de Santa Catarina, Centro  
Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Elétrica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica. 2. Processamento Digital  
de Imagens. 3. Etografia. 4. Rastreamento por vídeo.  
5. Sistema de Código Aberto. I. Marino Neto, José.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.  
III. Título.

Marcela Guitarrara Nirschl Crozara

**UM SISTEMA DE CÓDIGO ABERTO PARA REGISTRO E  
ANÁLISE DE DADOS COMPORTAMENTAIS CATEGÓRICOS,  
MORFOLÓGICOS E CINEMÁTICOS EM ANIMAIS DE  
LABORATÓRIO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Elétrica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de março de 2017.

---

Prof. Marcelo Lobo Heldwein, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica

**Banca Examinadora:**

---

Prof. José Marino Neto, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Presidente da banca e Orientador

**Banca Examinadora (continuação):**

---

Prof.<sup>a</sup> Cilene Lino de Oliveira, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Jefferson Luiz Brum Marques, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Daniela Ota Hiasayasu Suzuki, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus queridos pais Margareth (*in  
memorian*) e Celso, os meus maiores  
mestres e orientadores da vida.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, Celso Crozara, pelo apoio incondicional aos meus estudos e a minha vida, que me deu força e exemplo de dedicação durante toda essa jornada, mesmo a tantos quilômetros de distância. A minha mãe, Margareth Guitarrara Nirschl Crozara (*in memoriam*), por todo amor dedicado a mim e a minha irmã, que com certeza seria a pessoa mais orgulhosa desse mundo diante desse trabalho.

A minha irmã, Letícia Guitarrara Nirschl Crozara, pelo companheirismo e amizade, que se fizeram conforto e refúgio em tantos momentos.

A todos os meus familiares, pelo amor, pela preocupação, pelas orações e por desejarem sempre o meu sucesso.

Ao meu namorado, Bruno Lima Silva, um presente lindo que ganhei no mestrado. Na ausência física das pessoas mais importantes da minha vida, eu tive você como fortaleza. Agradeço por toda a paciência, pela parceria, pelo colo, pelo amor depositado e por cuidar de mim.

Ao professor José Marino-Neto pela orientação singular, pela oportunidade de realizar esse trabalho ao lado de alguém que inspira sabedoria e amor pelo que faz.

Aos colegas de laboratório Yukari Castello, Gabryela Huning, Fernando Melleu, João Marcolan e Alex Colussi que fizeram parte do meu dia a dia compartilhando suas experiências, dificuldades e angústias de seus trabalhos e boas risadas.

A todos os amigos, alunos e professores da família “dançante” que ganhei em Florianópolis. Obrigada, família Dance Impar, por amenizarem a tensão dessa jornada através da leveza e alegria de simples passos de dança.

Aos amigos de infância e de graduação que ficaram em Uberlândia, Gabriela Morais, Guilherme Monte, Pedro Cunha e Vinícius Mendes, que carregam sempre no meu coração. Vocês também fazem parte dessa história.

Ao IEB-UFSC, a CAPES e o CNPq pelo fomento de meu mestrado.



Quando houver domínio sobre a ciência do comportamento, ela será a única alternativa para a sociedade planejada.

(Burrhus Frederic Skinner, 1948)



## RESUMO

O registro de eventos comportamentos por meio de arquivos de vídeo permite uma análise objetiva nos estudos de etologia. Aliado às técnicas de processamento digital de imagens, como a extração de características cinemáticas e morfológicas por métodos de rastreamento, é possível alcançar maior objetividade experimental. O ETHOWATCHER® é um *software* de distribuição gratuita destinado à análise comportamental, em tempo real ou por vídeo, integrado por módulo de extração e registro de descritores cinemáticos e morfológicos por rastreamento, e por módulo de registro de descritores categóricos do comportamento. Neste trabalho, desenvolveu-se uma nova versão do ETHOWATCHER®, com código aberto e maior compatibilidade de vídeo (formato e resolução). Além disso, novas opções como segmentação da análise em intervalo de tempo e/ou múltiplas áreas foram acrescentadas. O software foi desenvolvido em C++, na plataforma Qt Creator 4.1.0, com o auxílio de bibliotecas de visão computacional e processamento de imagens OpenCV 3.1. Testes de validação foram realizados com vídeos de objetos inanimados numa arena. Identificaram-se (testes de Friedman e Wilcoxon) diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) para centro de massa, área e comprimento de objetos imóveis, de geometria e em posicionamento distintos. Já a distância percorrida apresentou variação da ordem de décimos de milímetro, porém, sem diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as análises. Em teste de validação de formatos de vídeo, observaram-se diferenças significante ( $p < 0,05$ ) na distância percorrida, área, comprimento e pixels alterados, para objetos imóveis de diferentes tamanhos centrados na arena. Em testes de validação de objetos em movimento, detectaram-se diferenças significante ( $p < 0,05$ ) na distância percorrida, área, comprimento e pixels alterados, para diferentes posicionamento dos objetos. Resultados de variação angular total indicaram, em média, concordância superior a 94% com o esperado. Os resultados da validação apontam para a existência de um erro intrínseco no cálculo dos descritores que não dependem exclusivamente dos algoritmos implementados no software, mas também das condições de filmagem dos vídeos (posição da câmera, resolução e qualidade da imagem, iluminação) e da seleção dos parâmetros de calibração realizada pelo usuário.

**Palavras-chave:** Comportamento Animal, Código Aberto, Descritores Cinemáticos, Processamento Digital de Imagem, Rastreamento por Vídeo.



## ABSTRACT

Behavioral scoring through video files allows a more objective analysis in ethology studies. In addition to techniques of digital image processing, such as the extraction of kinematic and morphological characteristics by tracking methods, it is possible to achieve greater experimental objectivity. ETHOWATCHER® is a free software for behavioral analysis, in real-time or by video, composed by a module of extraction and recording of kinematic and morphological descriptors by tracking, and by a score module of categorical descriptors of behavior. In this work, a new version of ETHOWATCHER® has been developed, open source and with greater video compatibility (format and resolution). In addition, new options such as analysis segmentation in time interval and / or multiple areas have been added. The software was developed in C++, on Qt Creator 4.1.0 platform, with aid of computer vision libraries and image processing OpenCV 3.1. Validation tests were performed with videos of inanimate objects in an arena. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were identified (Friedman test and Wilcoxon test) for center of mass, area and length of immobile objects of different geometry and positioning. The traveled distance presented variation in order of tenths of a millimeter, however, without significant difference ( $p < 0.05$ ) between analyzes. In validation test of video formats, significant differences ( $p < 0.05$ ) in traveled distance, area, length and altered pixels was observed for motionless objects of different sizes centered in the arena. In validation tests of moving objects, significant differences ( $p < 0.05$ ) were detected in the traveled distance, area, length and altered pixels, for objects in different positions. Results of total angular variation indicated, on average, agreement higher than 94% with that expected. The validation results point to an intrinsic error in the descriptors estimation that do not depend exclusively on software algorithms, but also on the video shooting conditions (camera position, image resolution and quality, lighting) and the selection of the calibration parameters performed by the user.

**Keywords:** Animal Behavior, Open Source, Kinematic Descriptors, Digital Image Processing, Video Tracking.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relatório de acesso ao website Ethowatcher – Julho/2016 a Janeiro/2017.....	30
Figura 2 – Relatório de distribuição dos usuários do Ethowatcher - Julho/2016 a Janeiro/2017.....	30
Figura 3 – Comportamentos de um rato.....	34
Figura 4 – Resultados de registro comportamental gerados por computador. ...	39
Figura 5 – Descritores morfológicos de um rato.....	41
Figura 6 – Tela de rastreamento do ETHOWATCHER®. ....	45
Figura 7 – Resultado do processo de segmentação .....	51
Figura 8 – Teorema de Pitágoras .....	65
Figura 9 – Representação das formas geométricas utilizadas: quadrado (a) e irregular .....	80
Figura 10 – Representação dos pontos referentes ao centro (P1) e a distância de 10 cm do centro (p2) na arena .....	81
Figura 11 – Representação do objeto posições no centro da arena, mas em duas rotações diferentes (a) e (b) .....	82
Figura 12 – Representação das posições da forma retangular em relação ao ponteiro de segundos do relógio: a 8 cm (a) e 10 cm (b) do centro, na mesma direção do ponteiro, e a 6 cm (c) do centro, perpendicular à direção do ponteiro .....	86
Figura 13 – Áreas poligonais referentes a primeira calibração (a) e áreas matriciais referentes a segunda calibração (b) .....	89
Figura 14 – Tela de inicialização.....	91
Figura 15 – Interface “ethowatcher” – Sessão de Identificação.....	92
Figura 16 – Caixas de diálogo “Sobre” e “Termos de Licença” com textos exemplares.....	93
Figura 17 – Interface “ethowatcher” – Opções de análise .....	94
Figura 18 – Interface “ethowatcher” – Sintaxe de registro comportamental .....	96
Figura 19 – Interface “ethowatcher” – Catálogo comportamental.....	97
Figura 20 – Interface “novocatalogo” .....	98
Figura 21 – Arquivo CTA.....	101
Figura 22 – Interface “ethowatcher” – Calibração.....	102
Figura 23 – Interface “calibração”.....	104
Figura 24 – Interface “calibração” – Abertura do vídeo .....	106
Figura 25 – Interface “calibração” – Iniciando o vídeo .....	107
Figura 26 – Interface “calibração” – Calibração da segmentação.....	109
Figura 27 – Calibração da segmentação – Limiar de subtração.....	110
Figura 28 – Calibração da segmentação – Erosão .....	111
Figura 29 – Calibração da segmentação – Cor do plano de fundo.....	111
Figura 30 – Interface “calibração” – Calibração da escala .....	112
Figura 31 – Interface “calibração” – Seleção do segmento de reta.....	113
Figura 32 – Interface “calibração” – Calibração das áreas de processamento .....	115
Figura 33 – Interface “calibração” – Adicionando área circular.....	117

Figura 34 – Interface “calibração” – Adicionando área retangular.....	119
Figura 35 – Interface “calibração” – Adicionando área irregular.....	121
Figura 36 – Interface “calibração” – Múltiplas áreas poligonais.....	122
Figura 37 – Interface “calibração” – Áreas matriciais.....	123
Figura 38 – Interface “ethowatcher” – Análises.....	125
Figura 39 – Interface “etografia”.....	126
Figura 40 – Interface “etografia” – Parâmetros do Processamento.....	127
Figura 41 – Interface “etografia” – Processamento do vídeo.....	129
Figura 42 – Elementos gráficos: rota (a), centro de massa (b), coordenadas (c), caixa de contorno (d), comprimento (e) e combinação de todos os elementos (f) .....	131
Figura 43 – Interface “etografia” – Ferramentas etográficas.....	132
Figura 44 – Interface “etografia” – Tabela etográfica.....	133
Figura 45 – Interface “etografia” – Etografia baseada em fontes externas.....	134
Figura 46 – Interface “ethowatcher” – Emissão de Relatórios.....	136
Figura 47 – Exemplo de relatório de rastreamento.....	138
Figura 48 – Exemplo de relatório de etografia.....	138
Figura 49 – Exemplo de arquivos PNG da rota rastreada.....	139
Figura 50 – Exemplo de arquivos PNG das áreas poligonais (a e b) e matriciais (b) calibradas.....	139
Figura 51 – Disposição do objeto de forma quadrada nas posições centrais, 1(a) e 2 (b), e nas intermediárias, 3 (c) e 4 (d).....	140
Figura 52 – Disposição do objeto de forma irregular nas posições centrais, 1(a) e 2 (b), e nas intermediárias, 3 (c) e 4 (d).....	141
Figura 53 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 1.....	142
Figura 54 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 2.....	142
Figura 55 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 3.....	143
Figura 56 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 4.....	143
Figura 57 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 1..	144
Figura 58 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 2..	144
Figura 59 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 3..	145
Figura 60 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 4..	145
Figura 61 – Gráfico boxplot das distâncias do quadrado ao centro entre as posições 1 e 2.....	149
Figura 62 – Gráfico boxplot das distâncias do quadrado ao centro entre as posições 3 e 4.....	150
Figura 63 – Gráfico boxplot das distâncias da forma irregular ao centro entre as posições 1 e 2.....	150
Figura 64 – Gráfico boxplot das distâncias da forma irregular ao centro entre as posições 3 e 4.....	151
Figura 65 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 1 e 2.....	152
Figura 66 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 3 e 4.....	152

Figura 67 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 1 e 3.....	153
Figura 68 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 1 e 2 .....	153
Figura 69 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 3 e 4 .....	154
Figura 70 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 1 e 3 .....	154
Figura 71 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado e pela forma irregular.....	155
Figura 72 – Gráfico boxplot das áreas do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4 .....	157
Figura 73 – Gráfico boxplot das áreas da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4 .....	157
Figura 74 – Gráfico boxplot dos comprimentos do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4 .....	159
Figura 75 – Gráfico boxplot dos comprimentos da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4.....	160
Figura 76 – Disposição da bola grande nos vídeos 1(a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) ....	161
Figura 77 – Disposição da bola pequena nos vídeos 1(a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) ..	161
Figura 78 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 1.....	162
Figura 79 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 2.....	163
Figura 80 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 3.....	163
Figura 81 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 4.....	164
Figura 82 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 1 .....	164
Figura 83 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 2 .....	165
Figura 84 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 3 .....	165
Figura 85 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 4 .....	166
Figura 86 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	170
Figura 87 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	171
Figura 88 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas entre bola pequena entre bola grande e pequena .....	171
Figura 89 – Gráfico boxplot das áreas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4 .....	173
Figura 90 – Gráfico boxplot das áreas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	173
Figura 91 – Gráfico boxplot dos comprimentos da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4 .....	175
Figura 92 – Gráfico boxplot dos comprimentos da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4 .....	176
Figura 93 – Gráfico boxplot dos pixels alterados da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4 .....	178

Figura 94 – Gráfico boxplot dos pixels alterados da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	178
Figura 95 – Disposição do objeto de forma retangular nas posições 1(a), 2 (b) e 3 (c) .....	179
Figura 96 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 1	180
Figura 97 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 2	180
Figura 98 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 3	181
Figura 99 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas entre os vídeos 1, 2 e 3 .....	185
Figura 100 – Gráfico boxplot das variações angulares entre os vídeos 1, 2 e 3 .....	186
Figura 101 – Saídas gráficas das rotas percorridas pelos animais na primeira (a) e na segunda (b) versão do ETHOWATCHER® .....	187
Figura 102 – Tabela etográfica registrada na interface de etografia do software .....	190
Figura 103 – Tabela etográfica disponibilizada pelo relatório.....	191
Figura 104 – Tabela etográfica registrada na interface de etografia do software .....	192
Figura 105 – Tabela etográfica disponibilizada pelo relatório.....	192

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Catálogo comportamental de um rato. ....	34
Tabela 2 – Registro comportamental de um rato. ....	35
Tabela 3 – Análise comparativa entre <i>softwares</i> .....	48
Tabela 4 – Tabelas comparativas referentes aos objetos quadrado e forma irregular .....	147
Tabela 5 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4.....	156
Tabela 6 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4.....	156
Tabela 7 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4 .....	158
Tabela 8 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4.....	159
Tabela 9 – Tabelas câmeras e formatos de vídeos distintos.....	167
Tabela 10 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distâncias percorridas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	169
Tabela 11 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distâncias percorridas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4 .....	170
Tabela 12 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	172
Tabela 13 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	172
Tabela 14 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	174
Tabela 15 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	175
Tabela 16 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos pixels alterados da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	177
Tabela 17 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos pixels alterados da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4.....	177
Tabela 18 – Tabelas câmeras e formatos de vídeos distintos.....	182
Tabela 19 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distancias percorridas entre as posições 1, 2 e 3.....	184
Tabela 20 – Teste de Friedman e Wilcoxon das variações angulares entre as posições 1, 2 e 3.....	185
Tabela 21 – Resultados do teste de fuga do objeto rastreado.....	186
Tabela 22 – Resultados do teste segmentação temporal .....	188
Tabela 23 – Resultados do teste segmentação espacial.....	188



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	– análise de variância
AVI	– Audio Video Interleave
CEUA	– Comissão de Ética no Uso de Animais
DIVX	– Digital Video Express
IDE	– Integrated Development Environment
INPI	– Instituto Nacional da Propriedade Industrial
FPS	– frames por segundo
GUI	– Graphical User Interface
JAABA	– Janelia Automatic Animal Behavior Annotator
LABORAS	– Laboratory Animal Behavior Observation Registration and Analysis System
MP4	– MPEG-4 Part 14
MPEG	– Moving Picture Experts Groups
MPG	– MPEG-1
OpenCV	– Open Source Computer Vision Library
PNG	– Portable Network Graphics
XML	– Extensible Markup Language
WMV	– Windows Media Video



## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>23</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	29
1.2 OBJETIVOS .....	31
1.2.1 Objetivo Geral.....	31
1.2.2 Objetivos Específicos .....	31
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>33</b>
2.1 ETOLOGIA .....	33
2.1.1 Etologia Descritiva .....	34
2.1.2 Etologia Experimental .....	36
2.1.3 Ramos da Etologia .....	37
2.1.4 Avanços Tecnológicos na Etologia.....	38
2.2 DESCRITORES MORFOLÓGICOS E CINEMÁTICOS .....	41
2.2.1 Extração de Descritores.....	42
2.2.2 Utilização de Descritores .....	43
2.3 ETHOWATCHER® .....	45
2.3.1 Descrição Técnica .....	46
2.3.2 Análise Comparativa .....	46
2.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	49
2.4.1 Segmentação por subtração de plano de fundo .....	50
2.4.2 Limiarização.....	50
2.4.3 Erosão .....	51
2.4.4 Ferramentas Auxiliares.....	52
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
3.1 PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO: SELEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO.....	55
3.2 DESENVOLVIMENTO DO <i>SOFTWARE</i> .....	56
3.2.1 Ajuste dos parâmetros da análise .....	57
3.2.2 Seleção ou criação do catálogo comportamental .....	58

<b>3.2.3 Calibração dos procedimentos de rastreamento .....</b>	<b>59</b>
3.2.3.1 Abertura de vídeos .....	60
3.2.3.2 Rastreamento: Frame de fundo, Limiarização e Erosão .....	61
3.2.3.3 Calibração da Escala .....	63
<b>3.2.4 Análises.....</b>	<b>66</b>
3.2.4.1 Etografia baseada em vídeo X Etografia baseada em fontes externas .....	67
3.2.4.2 Análise etográfica .....	67
3.2.4.3 Análise com rastreamento .....	68
3.2.4.4 Descritores cinemáticos e morfológicos .....	69
<b>3.2.5 Emissão de relatórios.....</b>	<b>74</b>
3.2.5.1 Relatório geral de etografia .....	76
3.2.5.2 Relatório geral de rastreamento .....	76
3.2.5.3 Relatório segmentado em função do tempo .....	78
3.2.5.4 Relatório segmentado em função das áreas .....	79
<b>3.2.6 Tutor.....</b>	<b>79</b>
<b>3.3 TESTES E VALIDAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> .....</b>	<b>80</b>
<b>3.3.1 Rastreamento de objetos imóveis .....</b>	<b>80</b>
<b>3.3.2 Rastreamento de objetos em diferentes formatos de vídeo .....</b>	<b>83</b>
<b>3.3.3 Rastreamento de objetos em movimento .....</b>	<b>85</b>
<b>3.3.4 Algoritmo de fuga do objeto rastreado .....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.5 Segmentação temporal e espacial .....</b>	<b>88</b>
<b>3.3.6 Algoritmos de etografia.....</b>	<b>89</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
<b>4.1 DESENVOLVIMENTO DO <i>SOFTWARE</i>.....</b>	<b>91</b>
4.1.1 Ajuste dos parâmetros da análise.....	91
4.1.2 Seleção ou criação do catálogo comportamental.....	97
4.1.3 Calibração dos procedimentos de rastreamento .....	102
4.1.4 Análises.....	124
4.1.5 Emissão de Relatórios .....	136
<b>4.2 VALIDAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i>.....</b>	<b>139</b>
4.2.1 Rastreamento de objetos imóveis .....	140
4.2.2 Rastreamento de objetos em diferentes formatos de vídeo .....	160
4.2.3 Rastreamento de objetos em movimento .....	179
4.2.4 Algoritmo de fuga do objeto rastreado .....	186

<b>4.2.5 Segmentação temporal e espacial .....</b>	<b>188</b>
<b>4.2.6 Algoritmos de etografia .....</b>	<b>190</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>193</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>203</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O comportamento animal é um objeto de estudo bastante explorado nas áreas de Neurociências, Psicologia e Farmacologia. A análise do comportamento revela interações do animal com o ambiente em que ele está inserido, permitindo o estudo dos mecanismos de ação em resposta a estímulos advindos do ambiente. Essas interações estão intimamente ligadas com os processos neuroquímicos e/ou neurofisiológicos do organismo e, portanto, são de grande relevância para compreensão dos mesmos (SIQUEIRA; FERRARI; MAIA; 2006).

O termo “comportamento” se refere a qualquer tipo de atividade que leva à mudança na forma ou função de uma parte (ou no todo) do corpo de um animal em relação à que havia anteriormente. Dessa maneira, cada tipo dessas atividades constitui uma categoria descritiva (CUNHA, 1976). Em resumo, um comportamento pode ser definido como uma mudança de um padrão no tempo (PEDERIVA, 2005).

Uma das possibilidades de registro de comportamento animal consiste nos sistemas físicos de registro automatizado de observação indireta. Nesses sistemas são acoplados sensores (*e.g.*, sensores de pressão, de vibração, de infravermelho) no ambiente no qual o animal se encontra. Os sinais produzidos mediante a ocorrência de algum evento comportamental são mensurados, seguidamente, associados às respectivas categorias de comportamento em estudo e, finalmente, são registrados os seus intervalos de ocorrência. Esse tipo de registro, entretanto, é limitado a apenas algumas categorias comportamentais que estão vinculadas a modificações físicas no ambiente. No caso de alguns comportamentos, somente ocorrem alterações discretas em partes específicas do animal, as quais não produzem efeitos sensíveis aos sensores, o que torna difícil suas identificações nesse tipo de sistema de registro (QUINN et al., 2003; QUINN et al., 2006; SCHWARZ, 2002; SPRUIJT; DEVISSER, 2006).

Outra forma de registro das categorias de comportamento é pela observação direta. Nesse caso, o pesquisador observa o experimento e toma notas dos eventos que ocorrem dentro da arena. Assim, diante de um catálogo de categorias comportamentais previamente determinado, o observador anota em planilhas a sequência temporal e a frequência de ocorrência das categorias em estudo (PEDERIVA, 2005). Por meio desse método, o pesquisador é capaz de registrar o comportamento apenas com a observação visual momentânea durante o experimento, estando sujeito a uma série de vieses que podem interferir na análise, como o cansaço, a inconsistência da informação observada e a subjetividade (CRISPIM

JUNIOR, 2011). Diante dessas dificuldades, a utilização de vídeos é uma abordagem interessante. Obtendo-se um vídeo do experimento, é possível fazer um levantamento mais detalhado e completo das categorias comportamentais, uma vez que o vídeo pode ser assistido mais de uma vez pelo pesquisador, podendo-se ainda utilizar das ferramentas de avanço/retorno do vídeo e dos controles de velocidade de frames.

Aliadas ao registro por vídeo, técnicas de processamento digital de imagem são utilizadas como ferramenta para facilitar a aquisição da informação, permitindo a identificação de padrões morfológicos, como, por exemplo, a área do animal, padrões de contorno, comprimento, dentre outros. Com isso, a identificação comportamental é aprimorada, permitindo a detecção de categorias mais sutis (FRÖLICH et al., 2008; ROUSSEAU et al., 2000; KULIKOV et al., 2010). Entretanto, apenas características morfológicas não são suficientes para uma boa caracterização de um padrão comportamental, uma vez que um comportamento se refere a um período de tempo e à variação dessas características morfológicas. Nesse sentido, as informações cinemáticas relacionadas à variação dessas características, como trajeto percorrido, velocidade do animal e direção dos movimentos, são de grande relevância (BENJAMINI et al., 2010). Sistemas que conseguem extrair essas informações morfológicas e cinemáticas a partir de um vídeo são denominados sistemas vídeo-rastreamento (BOSE, 2003).

Diversos programas que utilizam esse tipo de sistema podem ser encontrados na literatura, e alguns podem ser obtidos comercialmente. Alguns exemplos comerciais são o ActualTrack® ("ACTUALTRACK ANIMAL BEHAVIOR RESEARCH AND ANALYSIS SOFTWARE", 1996) e o EthoVision XT® (NOLDUS; SPINK; TEGELENBOSH; 2001), programas proprietários que apresentam custos diretos para o pesquisador. Exemplos gratuitos são o BEEtag (CRALL et al., 2015) e o ZebraZoom (MIRAT et al., 2013), ferramentas distribuídas gratuitamente, com operação em ambiente MATLAB®. Porém, apesar de gratuito, existem os custos da licença do MATLAB®, que pode tornar seu uso inviável para alguns pesquisadores.

Como trabalho antecedente a esse projeto foi desenvolvido o *software* Espião (BOSE, 2003), um programa que realiza o traçado do movimento do animal e quantifica movimentos locomotores e não locomotores, utilizando vídeos digitais de experimentos. Este programa propicia uma descrição mais completa dos comportamentos animais, pois ele identifica e quantifica comportamentos impossíveis de serem identificados a olho nu pelo pesquisador. Posteriormente, foi desenvolvido o Etógrafo (PEDERIVA, 2005) um *software* que, além de

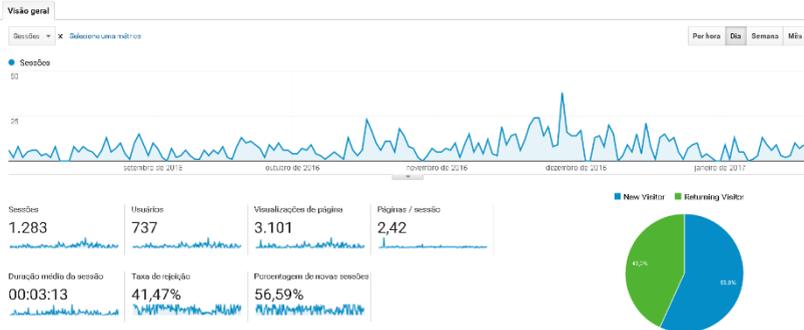
incorporar o acesso à ferramenta Espião, contabiliza automaticamente a frequência, a duração e a latência de cada comportamento, incluindo também a funcionalidade de segmentação da sequência original de ocorrência dos comportamentos em intervalos de tempo. Por fim, o ETHOWATCHER® (CRISPIM JUNIOR, 2011) é um programa que permite desde o registro até a análise da atividade dos eventos comportamentais por meio da extração de descritores, sendo uma ferramenta bastante completa de apoio ao estudo do comportamento.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O ETHOWATCHER® é um *software* desenvolvido em nosso laboratório, para realização de análises comportamentais em tempo real e por vídeo, disponibilizando ferramentas de rastreamento e registro de descritores categóricos, cinemáticos e morfológicos do comportamento (CRISPIM JUNIOR, 2012).

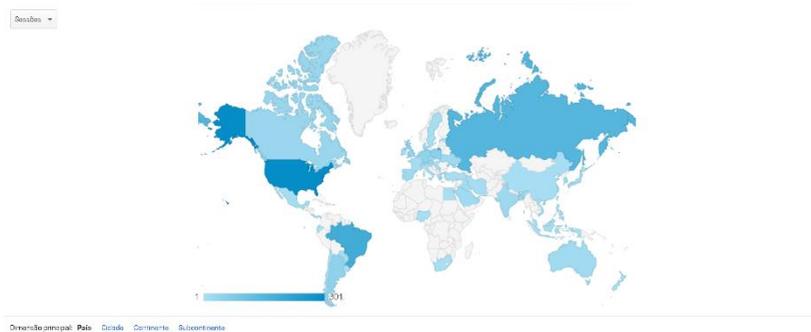
Ele é distribuído gratuitamente na internet, pelo *website* [www.ethowatcher.ufsc.br](http://www.ethowatcher.ufsc.br), sem fins comerciais (CRISPIM JUNIOR, 2012). Devido a essa acessibilidade, mais de 1100 pessoas, distribuídas em mais de 50 países, já utilizaram essa ferramenta em diversos tipos de estudos comportamentais, totalizando cerca de 1600 downloads, desde novembro de 2010 (data de lançamento do *software*). Os dados de acesso ao *website* retirados da ferramenta Google Analytics no período de julho/2016 a janeiro/2017, podem ser observados na Figura 1. Nesse período, houve 1283 acessos ao *website*, de 737 usuários diferentes, dos quais 43,2% foram usuários que retornaram e 56,8%, novos visitantes. Pela Figura 2, é possível observar que esses usuários estão distribuídos em países localizados em cinco continentes: América, Europa, Ásia, África e Oceania. Esses dados indicam que, embora a utilização do ETHOWATCHER® seja significativamente maior no Brasil e nos EUA, há um interesse global por uma ferramenta que seja de fácil acesso e manuseio e baixo custo.

Figura 1 – Relatório de acesso ao website Ethowatcher – Julho/2016 a Janeiro/2017



Fonte: Google Analytics (2017).

Figura 2 – Relatório de distribuição dos usuários do Ethowatcher - Julho/2016 a Janeiro/2017



Fonte: Google Analytics (2017).

Pelo *feedback* dos usuários, embora seja um *software* abrangente, podendo ser utilizado com diversos tipos de animais que são submetidos a experimentos em laboratório, o ETHOWATCHER® apresenta algumas limitações. Dentre as limitações mais citadas, incluem seu desenvolvimento em uma plataforma proprietária, a dificuldade de selecionar apenas uma área de interesse da arena para análise e o formato/resolução de vídeo serem únicos e fixos, com baixa compatibilidade com formatos de vídeos disponíveis no mercado.

A questão do ETHOWATCHER® ter sido desenvolvido em plataforma proprietária, inviabiliza torná-lo um sistema de código aberto para a comunidade, pois plataformas proprietárias impõem um custo financeiro para o usuário poder utilizar, modificar e redistribuir o produto. Com relação a selecionar apenas uma área de interesse na arena,

são impossibilitadas as análises parciais dependentes da localização do animal rastreado na arena. Em muitos tipos de experimentos, é importante a análise do comportamento do animal em função da sua localização, como por exemplo em testes que inclui a introdução de um objeto estranho na arena ou então esteja presente um comedouro em posição estratégica da arena. Por fim, ETHOWATCHER® permite utilizar apenas arquivos de vídeo do tipo AVI de resolução 320 por 240 pixels. Essa condição limita as possibilidades de o usuário utilizar formatos e resoluções de vídeo de melhor qualidade, o que poderia implicar em um resultado do processamento de vídeo e extração de descritores mais fidedignos.

Em função da grande adesão da comunidade científica a essa ferramenta, este trabalho propõe desenvolver uma segunda versão do ETHOWATCHER® usando uma plataforma de código aberto e contemplando as suas fragilidades por meio de novas ferramentas ao usuário. O desenvolvimento dessa nova versão, além de considerar as limitações de funcionalidade e correção de possíveis falhas de navegação da primeira versão, promove uma melhoria na interação da interface com o usuário, tornando o ETHOWATCHER® um *software* mais amigável e fácil de ser manipulado ou modificado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de código aberto, que permita o registro de comportamentos por meio de ferramentas etográficas e vídeos digitais, simultaneamente a extração de descritores comportamentais cinemáticos e morfológicos. Esse sistema será baseado na estrutura de funcionamento da primeira versão do ETHOWATCHER®, incluindo novas ferramentas e facilidades para o usuário, a partir de bibliotecas de visão computacional e processamento de imagens.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver um módulo de criação de catálogo comportamental;
2. Desenvolver um módulo de calibração que permita processamento do vídeo e rastreamento do animal segmentado em subáreas de processamento, de forma que

a análise e o relatório final sejam subdivididos em áreas parciais, de acordo com as áreas de interesse do usuário na arena;

3. Desenvolver um módulo que seja possível a realização de três tipos de análise: etografia baseada em vídeo, etografia baseada em fontes externas (para quando não haja a possibilidade ou o interesse de obtenção de vídeos digitais) e rastreamento de objeto. Esse módulo permitirá a realização simultânea da etografia baseada em vídeo e do rastreamento;
4. Desenvolver um módulo de abertura de vídeos que amplie as possibilidades de formatos (em tipo de arquivo e resolução) compatíveis com o sistema, quando comparado com a primeira versão do ETHOWATCHER®;
5. Desenvolver um módulo de geração de relatórios que permita segmentar os dados em intervalos de tempo e/ou em áreas de processamento criadas na calibração. Esse módulo permitirá a integração de dados, em um único arquivo, de análises realizadas simultaneamente;
6. Elaborar métricas de validação do sistema, através da extração dos descritores em situações de referência (com resposta conhecida).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ETOLOGIA

O termo etologia (do grego: *ethos* - hábito, convenção, *logia* - estudo), empregado para o estudo biológico do comportamento, é bastante antigo, porém, originalmente expressava um significado diferente do atual. A palavra apareceu pela primeira vez para representar a descrição das características de uma espécie animal, o que se considera atualmente sob o encargo da ecologia e da biologia geral. Nos primeiros anos da etologia, psicologia animal foi amplamente utilizado como um sinônimo. Com a crescente ênfase fisiológica nos estudos etológicos, o termo deixou de ser apropriado e entrou em desuso. Hoje, refere-se como objeto de estudo da etologia, em um sentido geral, o comportamento animal (IMMELMANN, 1980).

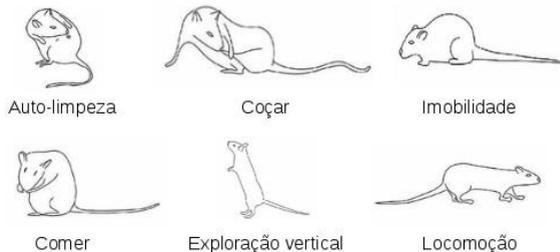
O objetivo da etologia consiste na investigação do comportamento por meio dos métodos utilizados nas ciências naturais. Como regra, a palavra comportamento é usada em um sentido muito amplo em etologia. Trata-se do conjunto de respostas de organismos vivos, individualmente ou em grupo, a estímulos internos ou externos (LEVITIS; LIDICKER; FREUND; 2009). Refere-se a padrões de movimento, vocalizações e posturas corporais, bem como a todas as mudanças reconhecíveis externamente que podem afetar padrões em outros seres vivos (*e.g.*, um antílope macho imóvel em uma colina indicando a posse de um território, uma borboleta fêmea liberando um odor que atrai um macho). De modo geral, a definição contempla qualquer tipo de atividade que acarreta mudança na forma ou na função de uma parte ou de todo o corpo de um ser vivo, a qual pode ser registrada e analisada de forma objetiva e quantitativa.

A análise etológica é composta por dois importantes passos: a observação e a interpretação do comportamento de um ser vivo. A observação do comportamento é realizada de maneira sistemática, por meio de métodos específicos. A interpretação do comportamento possui perspectivas causais, funcionais, ontogenéticas e filogenéticas, que tratam, respectivamente, da relação entre estímulos e mecanismos subjacentes no comportamento, da relação entre o comportamento e as mudanças decorrentes do mesmo, do processo de diferenciação e de integração dos padrões comportamentais no curso do desenvolvimento de um indivíduo jovem e deste processo no curso provável de sua evolução (SOUTO, 2016).

### 2.1.1 Etologia Descritiva

O estudo científico do comportamento inicia na compilação dos comportamentos típicos de uma dada espécie. A Figura 3 apresenta um pequeno conjunto de comportamentos observados em ratos:

Figura 3 – Comportamentos de um rato.



Fonte: Adaptado de (CASARRUBEA et al., 2015).

Por meio da observação, elabora-se um catálogo comportamental, ou etograma, o qual corresponde à uma lista de comportamentos, descritos de modo textual numa forma adequada para o estudo em questão, como exemplifica a Tabela 1:

Tabela 1– Catálogo comportamental de um rato.

<b>Categoria</b>	<b>Código</b>	<b>Descritores</b>
Auto-limpeza	Au	O rato, usualmente na posição sentado, lambe seu pelo.
Coçar	Ca	O rato, com qualquer membro, coça alguma parte de seu corpo.
Imobilidade	Im	O rato, em estado acordado, permanece imóvel.
Comer	Co	O rato, usualmente na posição sentado, alimenta-se com os membros anteriores.
Exploração vertical	Ex	O rato levanta os membros anteriores do chão e estende a cabeça para cima.
Locomoção	Lo	O rato exerce atividade locomotora em geral, que não é definida de outra forma específica.

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Um catálogo comportamental contém, tipicamente, os comportamentos divididos em categorias, as descrições textuais de cada categoria (descritores categóricos) e os códigos referentes às respectivas categorias. O etograma é utilizado na etapa de registro comportamental, conhecida como etografia, a qual se resume na marcação dos comportamentos observados no decorrer do tempo. A Tabela 2 exemplifica uma forma de registro comportamental, baseado no etograma da Tabela 1, num período de observação de dez minutos:

Tabela 2 – Registro comportamental de um rato.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Categoria (código)</b>
0 - 2	Au
2 - 3	Co
3 - 5	Im
5 - 6	Ca
6 - 9	Lo
9 - 10	Ex

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Em posse de numerosos registros comportamentais, a etologia descritiva opera no sentido de categorização mais precisa e detalhada. A categorização pode ser feita de acordo com princípios como a função e o nível de integração do comportamento. No primeiro caso, agrupam-se os padrões de comportamento com o mesmo efeito ou efeito similar. Dentro de cada grupo podem ser feitas outras subdivisões. Tratando-se de ratos, alguns exemplos são os grupos de comportamentos de exploração, sexuais, maternos, de manutenção e de agressão. Nessa divisão, as categorias “exploração vertical” e “locomoção” se enquadram na subdivisão “procura” do grupo “comportamentos exploratórios”, enquanto “auto-limpeza” e “comer” se enquadram no grupo “comportamentos de manutenção” (“ETHOGRAM INDEX – MOUSE ETHOGRAM”, 2003). O segundo princípio de categorização baseia-se no nível de integração dos padrões do comportamento. O comportamento é organizado hierarquicamente a partir de seus elementos mais simples (*e.g.*, movimento de um único músculo), seguido por unidades de nível intermediário (*e.g.*, o movimento de partes individuais do corpo), até as mais complexas seqüências de padrões.

A etologia descritiva não se limita a um mero inventário dos comportamentos de uma espécie. É também capaz de fornecer conclusões importantes sobre a relação entre os comportamentos. Isso, contudo, requer que os comportamentos sejam, além de qualitativamente descritos, quantitativamente avaliados. Dessa maneira, pode-se determinar quais comportamentos são auto exclusivos (*i.e.*, o início de um novo ocorre somente ao término do precedente) e quais ocorrem sobrepostos ou aninhados (*i.e.*, cujos inícios e terminos são independentes). Além do mais, pode-se determinar seqüências temporais particulares.

### **2.1.2 Etologia Experimental**

Uma organização sequencial e temporal de padrões de comportamento pode ser realizada simplesmente por meio da descrição. Contudo, afirmações sobre causalidade, geralmente, somente podem ser confirmadas após alguma manipulação artificial no comportamento. Isso pode ser ilustrado por um exemplo clássico em etologia:

A fêmea de uma espécie de vespa deposita seus ovos em ninho cavados no chão. Depois de colocar um ovo, fecha o ninho e retorna quando o ovo é incubado. Após a eclosão, fornece presas mortas ou paralisadas, conforme o necessário, até que a larva sofra metamorfose [...] durante esse período, é possível enganar a fêmea pela adição ou remoção de larvas em algum de seus ninhos. Como resultado, a vespa adapta seu comportamento à nova situação, levando mais ou menos presas do que teria de outra forma. Uma conclusão plausível a respeito disso é que a quantidade de alimento levado é determinada a partir da informação disponível no conteúdo de cada ninho. [...] Esta adaptabilidade da vespa, no entanto, mostra uma limitação temporal peculiar: uma mudança artificial na quantidade de larvas no ninho somente é compensada com mais ou menos presas quando realizada antes da “visita de inspeção” da vespa no início da manhã. Uma vez que a fêmea tenha inventariado a situação de alimento em um ninho, a informação obtida então determina quanto alimento será levado no restante do dia. Após isso, a vespa não responde às mudanças na quantidade de larvas no ninho (IMMELMANN, 1980).

As conclusões tiradas de manipulações simples, conforme exemplificado, indicam oportunidades na etologia experimental, a qual emprega métodos cada vez mais sofisticados.

### 2.1.3 Ramos da Etologia

Além das classificações em etologia descritiva e experimental, podem-se definir vários ramos da etologia. Há, contudo, muita sobreposição com outras áreas da biologia, tal qual a ecologia, a fisiologia e a genética, de modo que, muitas vezes, é difícil distinguir a natureza do estudo. Devido a isso, nem sempre é possível delimitar com precisão um ramo da etologia. Ainda assim, elencam-se alguns deles como a ecoetologia, a fisiologia do comportamento, a genética do comportamento, a filogenia do comportamento, a ontogenia do comportamento e a etologia humana.

A ecoetologia consiste num ramo da etologia no qual as relações entre o comportamento de uma espécie e outros componentes vivos e não vivos do ambiente são investigadas. A ecoetologia procede de duas maneiras: enfatizando em um determinado habitat (HARTNOLL, 1988) ou concentrando em um grupo de espécies (HEBERLEIN et al., 2016). Ao focar no habitat, o interesse reside nas adaptações comportamentais paralelas que são encontradas nesse lugar, mesmo em espécies que não estão estreitamente relacionadas, e cujo comportamento pode ser considerado típico para o habitat em particular. Ao concentrar em um grupo, o interesse reside em como as diferentes espécies diferem umas das outras e como tais diferenças podem ser consideradas adaptações a vários ambientes.

A fisiologia do comportamento ou etofisiologia, lida com a base fisiológica do comportamento. Dois de seus ramos estão relacionados com sistemas de controle de um organismo, também importantes na área de comportamento: a neuroetologia, que lida com o sistema nervoso central e com os processos sensoriais que são subjacentes a um determinado comportamento, e a etoendocrinologia, a qual trata das relações recíprocas entre hormônios e comportamento.

A genética do comportamento, também chamada de etogenética, investiga a base genética do comportamento com métodos de genética em termos da relação entre os fatores genéticos e o comportamento.

Dois áreas da etologia lidam com a mudança de comportamento ao longo do tempo: a filogenia do comportamento, que traça a origem evolutiva e o desenvolvimento das características comportamentais, e a ontogenia do comportamento, que estuda o desenvolvimento do comportamento em um indivíduo durante sua vida. Uma subárea deste último ramo é a embriologia comportamental, a qual se preocupa com o desenvolvimento pré-natal dos padrões de comportamento.

Uma área recente, a etologia humana, tem como objetivo o estudo do comportamento humano com métodos etológicos, enfatizando as regularidades e variabilidades do comportamento, transmitidas pela filogenia e determinadas geneticamente.

#### **2.1.4 Avanços Tecnológicos na Etologia**

Inicialmente, a prática da etologia era restrita à observação direta de animais, tipicamente movendo-se livremente em seu ambiente natural, enquanto um observador descrevia qualitativamente o que julgava importante, usando ferramentas simples como caneta, papel e cronômetro. Apesar do método simples, a observação direta, na qual o observador está presente e continuamente tomando decisões do que registrar, possui vantagens como a possibilidade de registrar acontecimentos nos arredores que podem ser de potencial importância para o comportamento, além do que, o observador obtém um conhecimento geral dos comportamentos animais, o que é particularmente importante no início de um estudo (JENSEN, 1986).

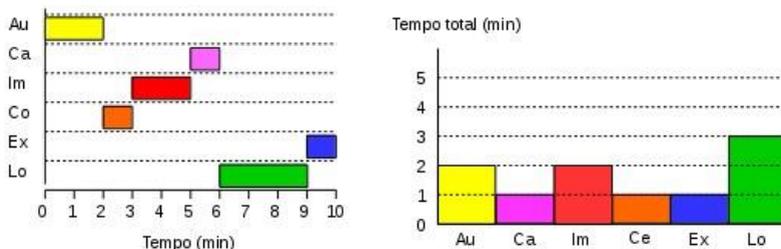
A partir do surgimento de tecnologias de sensores e de gravação de áudio e vídeo, a observação indireta ganhou espaço, método no qual não há observador presente assistindo o animal, mas as observações são, de modo comum, registradas e posteriormente analisadas em ambiente de laboratório. Tais ferramentas simplificaram a tomada de notas (*e.g.*, sensores podem ser empregados na contagem automática de eventos), permitiram um armazenamento mais permanente das informações e tornaram possível uma análise mais precisa (*e.g.*, gravações de vídeo permitem a análise de padrões de movimento em grande detalhe, com a possibilidade de controle de velocidade e de visualização frame a frame).

Nos últimos 50 anos, a análise comportamental tornou-se cada vez mais quantitativa. Os registros das observações de comportamento passaram de uma mera descrição textual para uma descrição numérica. Ferramentas computacionais de apoio à etografia permitiram registros de comportamentos, previamente definidos pelo usuário em catálogos, por meio de um simples toque de tecla (OTTONI, 2000; PEDERIVA et al., 2005).

Ademais, o poder computacional possibilitou, a partir dos registros, o cálculo de várias estatísticas como a frequência e o tempo de latência para início de um determinado comportamento, a duração de um episódio comportamental e a proporção relativa dos diferentes comportamentos. A Figura 4 ilustra possibilidades de resultados do

registro comportamental da Tabela 2, gerado por uma ferramenta computacional:

Figura 4 – Resultados de registro comportamental gerados por computador.



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Atualmente, um novo campo chamado etologia computacional é possível graças aos avanços tecnológicos, matemáticos e de engenharia que permitem aos cientistas automatizar análise, a classificação e o registro do comportamento animal (ANDERSON; PERONA; 2014). No entanto, a abordagem manual ainda é grande no campo da etologia. A dependência da observação humana para identificação do comportamento impõe uma série de limitações na aquisição e análise de dados:

1. A identificação de comportamentos com base no observador humano, mesmo quando assistida em computador, é lenta e intensiva em mão-de-obra, o que limita o número de diferentes experimentos que podem ser realizados, bem como o tamanho das amostras, limitando, desta maneira, o poder estatístico e a confiabilidade dos resultados (BUTTON et al., 2013);
2. A identificação de comportamentos por observadores humanos é subjetiva, de difícil padronização, e, nesse sentido, inconsistente entre diferentes observadores (LEVITIS; LIDICKER; FREUND; 2009);
3. Os registros comportamentais são de baixa dimensão, devido à natureza laboriosa do registro manual, isto é, o número de comportamentos diferentes que podem ser medidos simultaneamente é relativamente pequeno. Além do que, um

único comportamento pode ser desconstruído em componentes menores, mas registrar o comportamento em múltiplas escalas espaciais e temporais simultaneamente é ainda mais trabalhoso;

4. A probabilidade de erro e de perdas nos registros comportamentais é maior, tendo em vista que a análise de vídeo é longa e cansativa, de modo que a atenção de um observador pode diminuir facilmente.

A automatização da análise, da classificação e do registro dos comportamentos oferece, em princípio, soluções para alguns dos problemas descritos anteriormente:

1. A análise automatizada aumenta a dimensionalidade dos registros comportamentais, sua precisão, consistência, objetividade e a taxa de produção experimental (BRANSON et al., 2009);
2. A análise automatizada proporciona maior profundidade, escopo e rigor do projeto experimental. Permite que mais hipóteses sejam testadas, mais variáveis exploradas e mais controles incluídos, além do que, permite maiores tamanhos de amostra, o que implica em maior poder estatístico (BUTTON et al., 2013);
3. A análise automatizada pode permitir a análise em tempo real do comportamento, medições on-line da posição, da velocidade ou de outras estatísticas comportamentais.

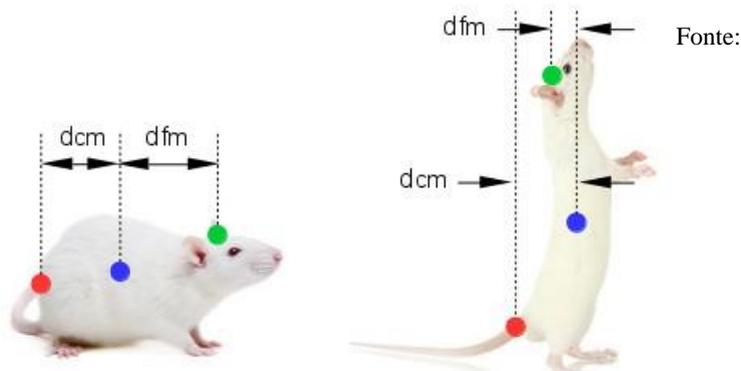
A prática atual em etologia computacional consiste em observar um comportamento e, na sequência, desenvolver um método para identificar automaticamente o mesmo comportamento de forma que concorde com a observação humana. Isso é alcançado, primeiramente, por meio do desenvolvimento de técnicas de rastreamento e extração de descritores (*e.g.*, morfológicos, cinemáticos) do comportamento, seguida pela aplicação de tais descritores em sistemas classificadores (*e.g.*, redes neurais, máquina de vetores de suporte) baseados em aprendizado de máquina, os quais mimetizam a habilidade humana de aprendizado e classificação. A etologia computacional oferece ainda a possibilidade de descobrir novos comportamentos que não foram percebidos por observadores humanos e poderá, em breve, possibilitar a descrição e a

identificação do repertório comportamental completo de um animal (ANDERSON; PERONA; 2014).

## 2.2 DESCRITORES MORFOLÓGICOS E CINEMÁTICOS

Descrições ilustrativas (vide Figura 3) e textuais (vide Tabela 1) são úteis na identificação dos diversos comportamentos que os animais apresentam. Nesse sentido, o catálogo comportamental busca fornecer informações (*e.g.*, postura do animal) com o intuito de esclarecer as diferenças entre seus comportamentos. Essas informações percebidas pela observação humana, de caráter qualitativo, se traduzidas de forma quantitativa, por exemplo, mediante descritores morfológicos, podem auxiliar na representação de comportamentos, conforme ilustra a Figura 5:

Figura 5 – Descritores morfológicos de um rato.



Produção do próprio autor (2016).

A Figura 5 apresenta um rato em dois comportamentos distintos. A quantificação das distâncias entre o focinho e o centroide da área do animal (*dfm*) e entre a cauda e o centroide da área do animal (*dcm*), pode auxiliar na identificação automatizada de comportamentos como a exploração vertical (CRISPIM JUNIOR, 2011). Ademais, informações a respeito da cinemática do movimento de um animal (*e.g.*, distância percorrida), quando quantificadas, podem agregar informações a respeito do comportamento animal.

Simplificadamente, os descritores são métricas de um fenômeno (*e.g.*, um comportamento animal), que auxiliam em sua representação e/ou identificação. Duas vertentes do fenômeno comportamental

apresentam valiosas informações: a morfologia (*i.e.*, alterações na forma do animal) e a cinemática (*i.e.*, alterações expressas durante o movimento do animal). A morfologia matemática procura quantificar partes relevantes para um procedimento de descrição e/ou reconhecimento de um todo (*e.g.*, ângulos, contorno, área) (GONZALEZ; WOODS; 2002). A cinemática trata do estudo e da descrição do movimento de um objeto com base em noções da física (*e.g.*, distância, velocidade média, velocidade angular, aceleração) (HALLIDAY; RESNICK; MERRILL; 1983).

Estudos investigaram a utilização de um descritor morfológico (contorno na área de um rato) na predição de comportamentos categóricos de exploração vertical, exploração horizontal e limpeza corporal, com taxa de acerto média de 70% (SILVA et al, 2007), e na identificação comportamental da limpeza corporal, com taxa de acerto média de 90% (HEEREN; COOLS; 2000). Abordagens atuais combinam diferentes descritores para representar ou extrair a informação necessária para resolução de problemas complexos (YU; TAN; 2009). Recentemente, a utilização de descritores cinemáticos tem sido discutida como parâmetro chave na análise de alterações nos padrões comportamentais (BENJAMINI et al., 2010). Novos estudos tem utilizado descritores na identificação de diferenças nos padrões de comportamentos entre animais não tratados e tratados com drogas e de diferenças na expressão comportamental ao longo prazo devido aos efeitos de doenças degenerativas (FRÖLICH et al., 2008; STEELE et al., 2007).

Com base no exposto, percebe-se uma tendência no estudo comportamental: a transição de métodos manuais com base em descritores categóricos para métodos automatizados auxiliados por descritores morfológicos e cinemáticos.

### **2.2.1 Extração de Descritores**

A utilização de sensores e o uso de programas baseados em processamento digital de imagens são formas comumente empregadas na extração ou mensuração de descritores ("HOMECAGESCAN", 2010; "IDTRACKER - AUTOMATIC TRACKING OF MULTIPLE ANIMALS", 2014).

Sistemas físicos de registro automatizado identificam o comportamento animal de maneira indireta por meio do emprego de sensores ópticos e/ou mecânicos (*e.g.*, acelerômetros, sensores de pressão, temperatura, vibração, infravermelho) numa arena

comportamental. Os padrões dos dados provenientes dos sensores podem representar a ocorrência de comportamentos específicos.

Ferramentas computacionais mensuram descritores dos comportamentos animais por meio de técnicas de processamento digital de imagens. Essas ferramentas baseiam-se no uso de arquivos digitais de vídeo, tipicamente gravados previamente de uma perspectiva lateral ou superior de uma arena comportamental.

### **2.2.2 Utilização de Descritores**

Descritores provenientes de sistemas físicos de registro automatizado são, usualmente, usados em conjunto com programas computacionais desenvolvidos exclusivamente para o próprio sistema. Tais sistemas funcionam de forma automatizada na classificação e no registro de algumas categorias de comportamentos animais. De modo geral, operam a partir da mensuração de sinais pelos sensores, pelo tratamento dos sinais, aquisição em computador e, por fim, pela classificação e pelo registro dos comportamentos. A título de exemplo, LABORAS é um sistema de classificação automatizado de comportamentos de pequenos roedores de laboratório, como ratos e camundongos, amplamente utilizado em estudos ("METRIS - LABORAS PUBLICATIONS", 1995).

O sistema funciona mediante a análise de sinais induzidos em sensores pelos movimentos do animal. Consiste na combinação de sistemas mecânico, eletrônico e *software* dedicados. Basicamente, é composto por uma plataforma com sensores de vibração que convertem movimento em sinais elétricos. Os sinais são tratados por um estágio de condicionamento e digitalizados por um estágio de aquisição. Por fim, a classificação dos comportamentos acontece por meio de um *software*. O sistema indica a posição do animal, bem como classifica e registra automaticamente alguns comportamentos específicos, identificados de acordo com padrões de frequência e de amplitude característicos de cada comportamento. Experimentos de validação indicaram que a técnica é precisa (BAUMANS et al., 1996). O sistema possui vantagens como: nenhuma observação visual é necessária e redução do tempo, o que permite mais consistência e eficiência na pesquisa comportamental. Contudo, sua aplicabilidade é limitada a um conjunto restrito de comportamentos que causam alterações significativas detectáveis pelos sensores.

Descritores provenientes de ferramentas computacionais também podem ser utilizados no registro e na classificação automatizada do

comportamento, ou mesmo empregados como ferramentas de auxílio ao registro manuais. De modo geral, as ferramentas computacionais automatizadas podem ser divididas em módulos mais básicos: rastreamento de objeto, extração de descritores e classificação baseada em aprendizado de máquina. O primeiro módulo consiste na detecção de informações básicas (*e.g.*, posição, trajetória) do animal por meio de técnicas de processamento digital de imagens. Já o segundo, corresponde a transformação das informações básicas em informações mais complexas (*e.g.*, velocidade instantânea). Por sua vez, o último módulo trata de algoritmos que mimetizam a capacidade humana de aprendizado e de classificação. A título de exemplo, HomeCageScan é uma solução computacional completa voltada ao estudo automático de comportamentos de roedores em gaiola doméstica, com uso difundido em pesquisas ("HOMECAGESCAN", 2010).

Uma ferramenta semelhante consiste na combinação de módulos de rastreamento de objeto, de extração de descritores morfológicos e cinemáticos e módulo classificador. Os dados provenientes das características do movimento no espaço-tempo (descritores morfológicos) e de posição e velocidade (descritores cinemáticos) são enviados para um classificador estatístico (máquina de vetores de suporte), para classificação de cada frame de um vídeo numa categoria específica de comportamento. Experimentos de validação indicaram que a acurácia desses sistemas é próxima e mesmo superior à classificação humana (JHUANG et al., 2010).

Conforme descrito anteriormente, as soluções computacionais completas para registro automático de comportamento animal são usualmente compostas por módulos de rastreamento, de extração de descritores e de classificação. Contudo, existem ferramentas voltadas para uma das áreas em específico. JAABA é um exemplo de ferramenta computacional com propósito distinto de classificação e de registro automatizado ("JAABA DOCUMENTATION", 2013).

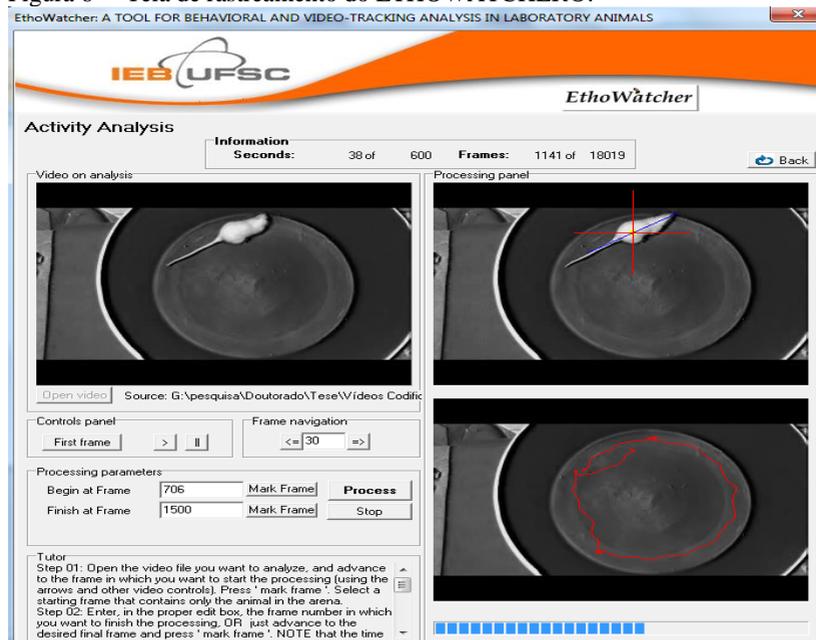
O JAABA opera sobre as trajetórias de animais, obtidas a partir de ferramentas de rastreamento de objetos, e sobre o treinamento de máquina com suporte do usuário. O usuário codifica sua intuição sobre a estrutura do comportamento, rotulando o comportamento do animal (*e.g.*, imobilidade, locomoção) num pequeno conjunto de frames de vídeo. Essa etapa pode ser realizada de forma independente por pessoas sem experiência em aprendizado de máquinas. A partir das trajetórias, são computados descritores como velocidade instantânea e algumas distâncias específicas. Na sequência, são calculadas estatísticas para os frames de vídeos. Por fim, por meio de técnicas de aprendizado de

máquina, os descritores dos rótulos manuais são transformados em detectores de comportamento, que podem ser usados para classificar automaticamente os comportamentos de animais. JAABA é uma ferramenta complementar aos métodos de rastreamento baseados em vídeo, com propósito de detecção precisa de comportamentos, incluindo de roedores e moscas, com potencial na extração de resultados significativos em estudos comportamentais (KABRA et al., 2012).

### 2.3 ETHOWATCHER®

ETHOWATCHER® é um *software* desenvolvido para o apoio à etografia, rastreamento de objetos e extração de variáveis cinemáticas de arquivos de vídeo digital de animais de laboratório, como mostra a Figura 6:

Figura 6 – Tela de rastreamento do ETHOWATCHER®.



Fonte: Disponível no site oficial do ETHOWATCHER® ("ETHOWATCHER-USANDO O MÓDULO DE RASTREAMENTO", 2012).

Seu módulo de etografia, baseado em catálogo comportamental definido pelo usuário, permite o registro do comportamento a partir do

ambiente ou de arquivos de vídeo. O módulo de rastreamento, por meio de técnicas de processamento digital de imagens, permite a segmentação controlada do objeto e a extração de atributos como distância percorrida, velocidade, trajetória, orientação, comprimento e área do animal. Durante as etapas do programa, o usuário é guiado por meio de tutoriais embutidos nas próprias telas. Como saída, o *software* apresenta relatório em arquivo de texto, contendo informações a respeito da duração, frequência e latência de cada comportamento, e a sequência de eventos comportamentais em um formato segmentado no tempo, definido pelo usuário.

A validação do programa foi realizada na extração de medidas cinemáticas e na detecção de efeitos comportamentais conhecidos causados por drogas (CRISPIM JUNIOR, 2011). Desde sua distribuição, o *software* foi utilizado por mais de 1000 pessoas, distribuídas em mais de 50 países, em diversos tipos de estudos, como em pesquisas de fisiologia, neurofarmacologia e patogenicidade (FÜRTBAUER, 2015; LOVELACE et al., 2015; DAVID et al., 2016).

### **2.3.1 Descrição Técnica**

O *software* foi escrito em linguagem de programação C++ no ambiente de desenvolvimento integrado C++ Builder 5.0 (*Borland Software Corporation*). O programa opera adequadamente numa série de IBM PC compatíveis (*e.g.*, de processador Intel Pentium III de 500 MHz e memória RAM de 256 MB a processador AMD ATLHON 4800 X2 e memória RAM de 2 GB) e em diferentes sistemas operacionais Microsoft WINDOWS (*e.g.*, 2000, XP, Vista e Seven). Podem ser utilizados vídeos digitais sem limitação quanto à taxa de frames. Contudo, são aceitos somente vídeos no formato AVI em resolução de 320 por 240 pixels. O ETHOWATCHER® possui registro no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), protocolo de número 09285-3, jornal eletrônico No. 1982, e é distribuído gratuitamente para fins não comerciais.

### **2.3.2 Análise Comparativa**

Além do ETHOWATCHER®, existe uma série de outras ferramentas computacionais com propósito de auxílio ao estudo do comportamento. Entretanto, muitas delas possuem intuítos específicos (*e.g.*, classificação de comportamentos singulares) ou requerem condições bastante particulares para uso (*e.g.*, utilização de arenas comportamentais exclusivas). Nesse sentido, com a intenção de análise

comparativa, foram elencados alguns programas com capacidade geral de rastreamento de objetos por meio de técnicas de processamento digital de imagens semelhantes ao ETHOWATCHER®. Para a análise, foram considerados aspectos como tipo de licença (*e.g.*, livre ou proprietária), custo, poder de rastreamento (*i.e.*, em termos do número de objetos ou animais rastreáveis, do número de pontos rastreáveis num mesmo animal e do número de áreas identificáveis num mesmo vídeo), poder de etografia (*i.e.*, classificação de comportamento manual ou capacidade automática), apresentação de relatório (*e.g.*, formato numérico ou gráfico) e estudos com animais mais comuns (*e.g.*, aves, roedores, peixes, insetos). A Tabela 3 sintetiza os *softwares* e as respectivas características analisadas:

Tabela 3 – Análise comparativa entre *softwares*.

Nome	Licença	Custo	Rastreamento			Etografia	Relatório	Aplicação	Referência
			Objetos	Pontos	Áreas				
ActualTrack™	Proprietária	US\$ 4500,00	Multi.	Multi.	Multi.	Automática	N Numérico, gráfico	Roedores, peixes, insetos	1
ANY-maze®	Proprietária	US\$ 3995,00	1	Multi.	Multi.	-	N Numérico, gráfico	Roedores	2
BEItag	Livre	-	Multi.	1	1	-	N Numérico	Insetos	3
BEMOVI	Livre	-	Multi.	1	1	-	N Numérico	Microorganismos	4
Crax	Livre	-	Multi.	1	1	-	N Numérico, gráfico	Insetos	5
EthoVision® XT	Proprietária	US\$ 5850,00	Multi.	Multi.	Multi.	Automática	N Numérico, gráfico	Roedores, peixes, insetos	6
ETHOWATCHER®	Proprietária	-	Multi.	1	1	Manual	N Numérico, gráfico	Aves, roedores, insetos	7
Icy – MiceProfiler	Livre	-	Multi.	Multi.	1	Automática	N Numérico, gráfico	Roedores	8
idTracker	Livre	-	Multi.	1	1	-	N Numérico, gráfico	Roedores, peixes, insetos	9
LoliTrack®	Proprietária	€ 2999,00	Multi.	1	Multi.	Manual	N Numérico	Roedores, peixes, insetos	10
M+Track	Livre	-	1	2	1	-	N Numérico	Roedores	11
MouseMove	Livre	-	1	1	Multi.	-	N Numérico, gráfico	Roedores	12
SwarmSight	Livre	-	Multi.	Multi.	1	-	N Numérico	Aves, peixes, insetos	13
UMATracker	Livre	-	Multi.	1	Multi.	-	N Numérico, gráfico	Roedores, peixes, insetos	14
ZebraxZoom	Livre	-	Multi.	Multi.	1	Automática	N Numérico	Peixes	15

\*Abreviação de múltiplos

Fonte: 1- ("ACTUALTRACK ANIMAL BEHAVIOR RESEARCH AND ANALYSIS SOFTWARE", 1996); 2- ("ANY-MAZE - HOME", 2016); 3- (CRALL et al., 2015); 4- (PENNEKAMP; SHTICKZELLE; PETCHEY; 2015); 5- ("CRAX - THE CALTECH MULTIPLE WALKING FLY TRACKER", 2016); 6- (NOLDUS; SPINK; TEGELNBOSH; 2001); 7- (CRISPIM JUNIOR, 2011); 8- ("ICY", 2016); 9- (PÉREZ-ESCUDERO et al., 2014); 10- ("ANALYSIS SOFTWARE", 2016); 11- (REEVES et al., 2016); 12- (SAMSON et al., 2015); 13- (BIRGIOLAS et al., 2016); 14- (YAMANAKA, 2016); 15- (MIRAT et al., 2013)

Conforme retrata a Tabela 3, há *softwares* com diferentes tipos de licença: livre ou proprietária. *Software* livre é aquele que qualquer um tem permissão de copiar, usar, modificar e distribuir, gratuitamente ou por algum custo. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para o *software* ser considerado livre. *Software* proprietário é qualquer *software* não-livre, isto é, aquele cuja cópia, uso, modificação ou distribuição requer permissão, ou que não possibilita acesso ao código-fonte. Em relação ao custo de aquisição, tanto *softwares* livres como proprietários podem ou não o ter.

## 2.4 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

As ferramentas computacionais de rastreamento de objetos baseado em vídeo digital funcionam a partir de técnicas de processamento digital de imagens. Isso, pois, a parte visual de um arquivo de vídeo digital corresponde, na realidade, em muitas imagens digitais exibidas sequencialmente. Cerca de 24 imagens exibidas num único segundo são suficientes, em média, para causar a ilusão de movimento contínuo característica dos vídeos.

De forma simples, uma imagem pode ser definida por um conjunto de pontos de coordenadas planas ( $x$  e  $y$ ) e de um valor ( $f$ ). Quando  $x$ ,  $y$  e  $f$  são todos finitos, isto é, quantidades discretas, a imagem é chamada de digital. Assim, uma imagem digital é composta por um número finito de pontos, chamados de elementos de imagem ou *pixels*. Cada imagem digital que compõe um vídeo é denominada *frame*. Sistemas de vídeo atuais apresentam taxa de exibição de 24 a 60 *frames* por segundo.

O campo de processamento digital de imagens refere-se ao processamento de imagens digitais por meio de computador digital. O interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas principais áreas de aplicação: melhoria da informação visual para interpretação humana e processamento de dados de imagem para armazenamento, transmissão e representação para percepção autônoma de máquina (HALLIDAY; RESNICK; MERRILL; 1983). A segunda área abarca as ferramentas computacionais de rastreamento com intuito de apoio à etologia descritas anteriormente. Para tanto, essas ferramentas baseiam-se, comumente, em técnicas tradicionais como segmentação, limiarização e erosão.

### 2.4.1 Segmentação por subtração de plano de fundo

As técnicas de segmentação subdividem uma imagem em suas componentes ou objetos constituintes. O nível de detalhe da subdivisão depende do problema a ser resolvido. A segmentação deve parar quando os objetos ou regiões de interesse em uma imagem forem detectados. Em geral, a segmentação automática é uma das tarefas mais difíceis no processamento digital de imagens. A precisão da segmentação determina o sucesso ou a falha da análise computadorizada (HALLIDAY; RESNICK; MERRILL; 1983).

A análise de rastreamento de vídeo funciona, normalmente, por meio da segmentação de um objeto (*e.g.*, um rato). Um método comum consiste no uso de uma imagem digital do plano de fundo (*e.g.*, uma arena comportamental sem o animal), isto é, de uma cena vazia. Para tanto, o usuário costuma ter que selecionar e apresentar à ferramenta computacional a imagem da cena vazia como referência do plano de fundo. Subtraindo-se a imagem de referência das demais imagens que contenham o objeto de interesse em movimento, obtém-se uma representação do objeto subdivido do plano de fundo. Por meio do uso da segmentação em conjunto com outras técnicas (*e.g.*, limiarização e erosão), a subdivisão de um objeto pode ser melhorada (CRISPIM JUNIOR, 2011).

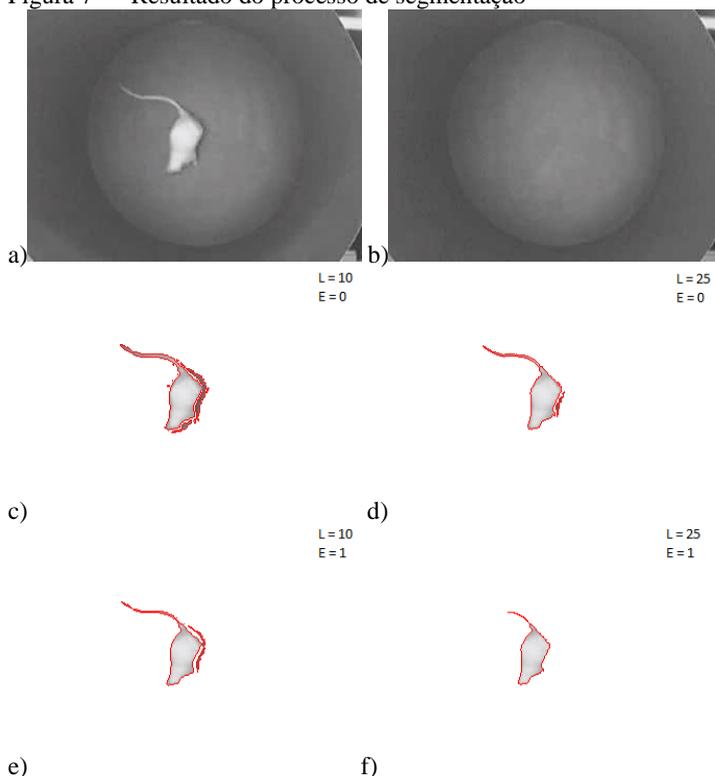
### 2.4.2 Limiarização

Devido às suas propriedades como simplicidade de implementação e velocidade computacional, a limiarização é uma técnica central em aplicações de segmentação de imagens. A etapa de limiarização, tipicamente, procede a segmentação por subtração de plano de fundo. Nessa fase, operações matemáticas são realizadas *pixel a pixel* na imagem digital, com base em um valor de limiar. Esse valor é composto por uma fração calculada por um algoritmo e por outra fração usualmente definida pelo usuário na própria ferramenta computacional. Essa etapa tem como propósito reduzir influências de fatores externos (*e.g.*, fonte de iluminação) na segmentação do objeto (CRISPIM JUNIOR, 2011). Assim, a subtração do plano juntamente com limiarização melhoram a qualidade da segmentação do objeto de interesse. Implementações semelhantes a descrita foram comprovadamente eficazes em ambientes abertos com diferentes espécies animais e diferentes condições ambientais (HEEREN; COOLS; 2000).

### 2.4.3 Erosão

A técnica de erosão enquadra-se numa operação fundamental do processamento morfológico. A linguagem matemática do processamento morfológico é a teoria dos conjuntos. Os conjuntos, em uma imagem digital, são representações de seus objetos (HALLIDAY; RESNICK; MERRILL; 1983). Nesse sentido, objetos (conjuntos) que não pertencem ao objeto de interesse e que permanecem após as técnicas de segmentação por subtração de plano de fundo e de limiarização, podem ser removidos por meio da operação de erosão (CRISPIM JUNIOR, 2011). Para o usuário da ferramenta computacional, isso costuma representar a escolha de um valor de modo semelhante à seleção do valor de limiar da etapa de limiarização. A título de ilustração, a Figura 7 apresenta uma imagem e o resultado da aplicação de técnicas de segmentação:

Figura 7 – Resultado do processo de segmentação



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Na Figura 7, é possível observar quatro resultados diferentes (c), (d), (e) e (f) para a segmentação da imagem (a). Pela subtração do plano de fundo (b), variando os valores de limiarização ( $L=10$  e  $L=25$ ) e de erosão ( $E=0$  e  $E=1$ ), chega-se a resultados de imagem com diferentes qualidades de segmentação.

#### 2.4.4 Ferramentas Auxiliares

O desenvolvimento de uma ferramenta computacional é um processo que contém diversas etapas desde a concepção até sua distribuição. Um *software* consiste em sequências de tarefas determinadas por um programador. A sequência de tarefas é descrita numa linguagem de modelagem que expressa informações numa estrutura como um computador. Para tanto, costuma ser empregado um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) compatível com a linguagem artificial, o qual fornece ferramentas de auxílio ao programador durante o desenvolvimento do *software*.

O Qt Creator é um ambiente de desenvolvimento integrado usado no desenvolvimento de aplicações multiplataforma e interfaces gráficas do utilizador (GUI) ("THE FUTURE IS WRITTEN WITH QT: CROSS-PLATFORM SOFTWARE DEVELOPMENT FOR EMBEDDED & DESKTOP", 2016) em, opcionalmente, linguagem de programação C++, uma linguagem de propósito geral, usada por programadores em praticamente todos os domínios de aplicação, amplamente utilizada em ensino e pesquisa. O desenvolvimento de *software* de interface gráfica em linguagem C++ acontece por meio da manipulação de três formatos de arquivos:

1. `.cpp` - arquivo que mantém o código fonte do programa escrito na linguagem de programação C++. É utilizado para criar um aplicativo executável;
2. `.h` - arquivo de cabeçalho auxiliar ao arquivo `.cpp`. É utilizado para definições gerais, como variáveis externas e protótipos de funções;
3. `.ui` - arquivo associado primariamente a interface gráfica. Apresenta as propriedades gráficas dos objetos (e.g., botões) definidos no programa.

O Qt Creator é distribuído gratuitamente e apresenta versão de código aberto. Além do mais, o ambiente de desenvolvimento possui compatibilidade com a biblioteca de funções de programação OpenCV (Open Source Computer Vision), também gratuita e de código aberto, voltada para visão de máquina em tempo real ("OPENCV", 2016).

Dentre as áreas de aplicação do OpenCV se incluem: sistema de reconhecimento facial, reconhecimento de gestos, robótica móvel, identificação de objetos, segmentação, rastreamento de movimento, realidade aumentada.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO: SELEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

A primeira etapa para o desenvolvimento da nova versão do ETHOWATCHER®, foi um estudo aprofundado de como esse *software* funciona internamente, em nível de suas linhas de código, com o objetivo de entender cada uma de suas ferramentas, bem como as diversas interações entre elas. Para isso, verificou-se que a primeira versão foi desenvolvida em linguagem de programação C++, na plataforma de desenvolvimento C++ Builder. Para a manipulação de vídeos e processamento de imagens, necessários nos módulos de etografia do *software*, essa primeira versão foi desenvolvida baseada em bibliotecas próprias, que foram os objetos de estudos principais da primeira etapa desse trabalho.

A partir disso, foram estruturados fluxogramas que descrevem todas as etapas de navegação do usuário pelo *software*, desde a inicialização do programa até o encerramento de cada uma das análises etográficas disponíveis. Os fluxogramas foram construídos fielmente à ordem de eventos que o usuário deve realizar, incluindo as ações de clicar em botões, tomadas de decisões e abertura de interfaces. Isso possibilitou o levantamento de falhas de interface e navegação que existem na primeira versão do ETHOWATCHER®, bem como de novas necessidades do usuário que essa versão não atende. Sendo assim, com os fluxogramas obtivemos um mapeamento do ETHOWATCHER® e uma identificação mais precisa das partes do código fonte do programa que serão modificadas para a implementação das novas funcionalidades e correções.

Antes de iniciar as modificações no código do ETHOWATCHER®, algumas decisões importantes para o desenvolvimento da nova versão foram tomadas. Com a análise das bibliotecas próprias desenvolvidas na primeira versão do *software*, verificou-se a existência de outras ferramentas de visão computacional que poderiam apresentar melhores resultados que aquelas. Uma delas é a OpenCV, uma biblioteca de código livre, gratuita para uso acadêmico e comercial, que apresenta suporte para aplicações em linguagem C++ e que foi projetada para uma alta eficiência computacional com um forte foco em aplicações de tempo real. Essa biblioteca apresenta diversas funções prontas que englobam manipulação de vídeo e processamento de imagens, que podem facilitar a implementação de identificação e

rastreamento de mais de um objeto em um fundo complexo, segmentação de imagens e extração de características cinéticas de objetos em movimento ("OPENCV", 2016). Diante disso, decidiu-se substituir as antigas bibliotecas ETHOWATCHER® pela incorporação da OpenCV no projeto.

Essa decisão levou a mudança da plataforma de desenvolvimento. Desenvolvendo a nova versão baseada em OpenCV, é viável a construção de um sistema livre, gratuito e de código aberto para a comunidade. Como o C++ Builder é um *software* proprietário, ele seria uma barreira para isso. Portanto, surgiu a necessidade de substituir o C++ Builder por uma plataforma que seja um *software* livre de código aberto. Sendo assim, decidiu-se pelo Qt Creator, por ser multiplataforma e compatível com o desenvolvimento em C++.

Com a mudança de plataforma, a próxima etapa metodológica é a reescrita do código fonte para o novo ambiente de programação. Como o Qt Creator e o C++ Builder apresentam diferença na manipulação de objetos gráficos, as interfaces do ETHOWATCHER® precisam ser reconstruídas na nova plataforma, e não apenas copiadas, o que implica em mudanças e adaptações no código fonte de todo o *software*.

Sendo assim iniciou-se o design das novas interfaces, começando pelas interfaces mais simples para as mais complexas, permitindo assim uma adaptação do programador às novas ferramentas incorporadas, no caso as bibliotecas OpenCV e a plataforma Qt Creator. Essa ordem de complexidade obedece também a ordem de navegação do usuário pelo *software*, e, portanto, os fluxogramas podem ser seguidos como um guia de orientação do programador. A medida em que o ETHOWATCHER® foi redesenhado e reescrito, as falhas identificadas nos fluxogramas foram corrigidas e a interação da interface com o usuário foi melhorada, tornando o ETHOWATCHER® um *software* mais amigável e mais fácil de ser manipulado ou modificado.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O desenvolvimento do *software* pode ser dividido em cinco etapas principais de navegação, sendo elas: ajuste dos parâmetros da análise, seleção ou criação do catálogo comportamental, calibração, análise etográfica e emissão de relatórios.

### 3.2.1 Ajuste dos parâmetros da análise

O ajuste dos parâmetros compreende as informações de identificação da análise que será realizada bem como o tipo dessa análise (etografia baseada em fontes externas, etografia baseada em vídeo e/ou rastreamento do animal).

Essa etapa é determinante para as próximas ações do usuário no *software* até a finalização da análise. Ela delimita o escopo da análise a ser realizada e, conseqüentemente, a seqüência de interfaces que irá compor a sessão de navegação pelo sistema.

Durante esse estágio do programa, o usuário insere as informações relevantes ao experimento que será analisado, como por exemplo, a data de realização, tipo do experimento, identificação do responsável que realizou o experimento e do animal utilizado, dentre outras. Esses dados são inseridos no arquivo de relatório final da análise, permitindo que o usuário o identifique.

É nessa fase que o usuário define quais das três análises disponibilizadas pelo sistema serão realizadas. A primeira análise é a etografia baseada em fontes externas. Ela se aplica para casos em que o usuário observa o experimento em tempo real ou então por meio de fontes externas ao *software* (como por exemplo, vídeo analógico gravado em VHS exibido em uma televisão ou vídeo digital sendo processado em outro dispositivo) e registra os eventos categóricos ocorridos no ETHOWATCHER®, a partir de um catálogo comportamental. A segunda análise é semelhante a primeira, distinguindo-se pelo fato que o experimento é observado por meio de um vídeo digital processado pelo próprio *software*.

Para esses dois tipos de etologia, é possível ainda diferenciar a análise quanto ao tipo de registro de eventos: eventos auto exclusivos e eventos sobrepostos. O primeiro se refere aos casos em que o usuário pode registrar apenas um evento categórico em cada período de tempo, significando que o fim de um evento corresponde ao início do próximo evento. Por outro lado, o segundo permite o registro de eventos aninhados ou então parcialmente sobrepostos, ou seja, o fim de um evento não se equivale necessariamente ao início do evento subsequente.

Por fim, o terceiro tipo de análise consiste no rastreamento e extração de dados cinemáticos e morfológicos do objeto observado ao longo do tempo. Essa análise pode ser realizada paralelamente a segunda análise, uma vez que ambas são baseadas em um vídeo processado pelo sistema.

Foi codificado um algoritmo que identifica as opções de análises selecionadas pelo usuário e que, a partir, delas cria uma lista sequenciada das próximas etapas e interfaces a serem carregadas. Sendo assim, a navegação pelo *software* é dinâmica e dependente dessa primeira etapa de ajuste dos parâmetros, conforme os seguintes casos:

1- Etografia baseada em fontes externas: Feita essa seleção, o próximo passo é definir o tipo dos eventos como auto exclusivos ou eventos sobrepostos. A seguir, o usuário é redirecionado para a etapa de seleção ou criação do catálogo comportamental e posteriormente para a análise etográfica. Por fim, segue a etapa de emissão de relatórios.

2- Etografia baseada em vídeo: Para essa seleção, a sequência de etapas é igual a do item 1. São elas: definir o tipo dos eventos como auto exclusivos ou eventos sobrepostos, selecionar ou criar catálogo comportamental, realizar a análise etográfica e, por fim, emitir relatórios.

3- Rastreamento e extração de dados cinemáticos e morfológicos: Neste caso, a sequência de passos durante a navegação do *software* é diferente a dos casos anteriores. Após a seleção, o próximo passo é a calibração dos procedimentos de rastreamento. Feito isso, segue a etapa de análise e, por fim, a de emissão de relatórios.

4- Etografia baseada em vídeo com rastreamento: Este caso é a união dos itens 2 e 3. Portanto, o passo seguinte apresentado pelo sistema ao usuário é a definição do tipo dos eventos (auto-exclusivos ou sobrepostos), seguido pela etapa de seleção ou criação do catálogo comportamental e, posteriormente, pela etapa de calibração. Logo após, segue a etapa da análise etográfica e finalizando com a emissão de relatórios. Ou seja, apenas nesse caso, o *software* executa todos os seus processos disponíveis.

Essa etapa do sistema, está contida na classe “ethowatcher”, composta pelos arquivos “ethowatcher.h” e “etowatcher.cpp” e pela interface “ethowatcher.ui”.

### **3.2.2 Seleção ou criação do catálogo comportamental**

A próxima etapa é referente ao catálogo comportamental que será utilizado. Essa etapa estará disponível sempre que for selecionado um dos tipos de etografia, baseada em fontes externas ou em vídeo, na etapa anterior.

A execução dessa etapa resultará no catálogo de categorias etográficas que será utilizado durante a análise. Ou seja, ela é determinante para delimitar os possíveis comportamentos que poderão ser observados e registrados na etografia.

Nessa etapa, o usuário pode criar um novo catálogo, fornecendo ao *software* os sujeitos e categorias que irão compô-lo, ou então utilizar um catálogo criado em análises anteriores.

Tanto na criação de um novo catálogo quanto na leitura de um catálogo já existente, foram utilizadas as classes descritas nos arquivos “estruturas.h” e “estruturas.cpp” para armazenar temporariamente as informações inseridas pelo usuário. Dessa maneira, são criados objetos correspondentes a cada sujeito e categoria do catálogo, bem como objetos que referenciam a lista total de sujeitos e a lista total de categorias. Essas classes foram herdadas da versão 1.0 do ETHOWATCHER®.

Para o armazenamento externo ao *software* do catálogo comportamental, foi criado um tipo específico de arquivo, o arquivo CTA. Esse tipo de arquivo é um arquivo de texto com uma determinada estrutura fixa de como as informações textuais estão dispostas. Essa estrutura permite que a informação salva em uma certa análise possa ser lida posteriormente de forma precisa e verídica, sem perda de dados. Dessa maneira, o sistema salva e lê apenas catálogos com a extensão “.cta”.

Contudo, a criação de um novo catálogo está associada com a rotina de geração de arquivos de texto do tipo CTA e a abertura de um catálogo anterior está associada com a rotina de leitura de arquivos CTA.

Essa etapa do sistema, está contida nas classes “ethowatcher” e “novocatalogo”, composta pelos arquivos “ethowatcher.h”, “etowatcher.cpp”, “novocatalogo.h” e “novocatalogo.cpp”, e pelas interfaces “ethowatcher.ui” e “novocatalogo.ui”.

### **3.2.3 Calibração dos procedimentos de rastreamento**

Na etapa de calibração, o usuário seleciona todos os parâmetros necessários para a realização do rastreamento do animal: arquivo de vídeo, frame correspondente ao fundo da arena, frame correspondente a primeira aparição do animal, valores de limiarização e erosão, escala e áreas de interesse da arena.

Essa etapa estará disponível sempre que o usuário incluir no escopo da sua análise o rastreamento do animal. É neste momento que o usuário faz todos os testes dos parâmetros citados anteriormente para definir os valores mais adequados ao seu experimento, permitindo que o

*software* processe o vídeo preservando as características da imagem do animal durante o seu rastreamento.

Essa etapa do sistema, está contida na classe “calibracao”, composta pelos arquivos “calibracao.h”, “calibracao.cpp” e pela interface “calibracao.ui”. A partir dessa etapa do sistema, também foram utilizadas classes da biblioteca OpenCV, cujo manual descritivo encontra-se disponível no site oficial da ferramenta (“OPENCV API REFERENCE - OPENCV 2.4.13.2 DOCUMENTATION”, 2016).

### 3.2.3.1 Abertura de vídeos

Para a leitura de vídeos, foi utilizada a classe “VideoCapture” do módulo “HighGUI”. Dessa classe, as funções utilizadas foram:

1. VideoCapture::Open - Abrir arquivo de vídeo ou um dispositivo para captura de vídeo. No ETHOWATCHER®, essa função foi utilizada apenas para arquivo de vídeo, pois o sistema não comunica com dispositivos externos (*e.g.*, *webcam*)
2. VideoCapture::isOpened - Retorna variável verdadeira se a captura de vídeo já foi inicializada.
3. VideoCapture::release - Fecha arquivo de vídeo ou dispositivo de captura.
4. VideoCapture::get - Retorna a propriedade de vídeo especifica como parâmetro da função. Os parâmetros utilizados foram:
  - a. CV\_CAP\_PROP\_POS\_MSEC - posição atual do arquivo de vídeo em milissegundos;
  - b. CV\_CAP\_PROP\_POS\_FRAMES - índice baseado em 0 do próximo frame a ser capturado;
  - c. CV\_CAP\_PROP\_FRAME\_WIDTH - Largura dos frames do vídeo.
  - d. CV\_CAP\_PROP\_FRAME\_HEIGHT - Altura dos frames do vídeo.
  - e. CV\_CAP\_PROP\_FPS - taxa de quadros.
  - f. CV\_CAP\_PROP\_FRAME\_COUNT - Número de quadros do arquivo de vídeo.

A partir da captura do arquivo de vídeo, o sistema realiza um processamento de imagem frame a frame. Para isso, foi criado um temporizador, cuja frequência é igual a taxa de reprodução do vídeo, que executa a rotina desenvolvida “processVideo”. Sendo assim, cada vez que é executada a função de processamento, é feita a leitura do próximo frame do vídeo. Assim, cada um dos frames é temporariamente armazenado e exibido para o usuário.

Para armazenar os frames, foi utilizada a classe “Mat”, que representa uma matriz de canal único numérica ou multicanal n-dimensional. Essa classe é uma das estruturas básicas do módulo “Core” das bibliotecas OpenCV. As funções utilizadas dessa classe foram:

1. Mat::zeros - Retorna uma matriz com valores zerados do tamanho e tipo especificados.
2. Mat::release - Decrementa o contador de referência e libera a memória alocada à matriz se necessário.
3. Mat::size - Retorna o tamanho da matriz.

### 3.2.3.2 Rastreamento: Frame de fundo, Limiarização e Erosão

Após realizar a abertura do vídeo, na etapa de calibração do *software*, o usuário deve definir um frame que represente a imagem do fundo da arena sem o animal a ser rastreado. Além disso é preciso selecionar os valores de limiarização e segmentação. Esse processo se faz necessário uma vez que o processamento de rastreamento é baseado no método de segmentação por subtração de plano de fundo. Tal método consiste em subtrair cada frame do vídeo pelo frame correspondente ao fundo da arena, resultando em um novo frame composto pelos pixels correspondentes ao animal e à possíveis ruídos.

O algoritmo de subtração do fundo foi desenvolvido na função “atualizaCalibracao”, que é executada toda vez que é processado a leitura de um novo frame. Primeiramente ela verifica se o usuário definiu o frame correspondente ao fundo da arena. Caso essa condição seja verdadeira, executa os próximos passos e, caso seja falsa, apenas dá prosseguimento a leitura do vídeo. A seguir, o frame do fundo é subtraído, pixel a pixel, do frame atual armazenado. Depois da subtração, o valor de limiarização selecionado é utilizado para realizar o processo de segmentação com o fim de obter uma imagem binária.

Para essa segmentação, foram utilizadas duas funções do módulo “imgproc” da OpenCV. São elas:

1. `cvtColor` - Converte uma imagem a partir de um protocolo de cor para outro. Nesta aplicação, no frame resultante da subtração, foi utilizada a conversão de RGB para tons de cinza;
2. `threshold` - Aplica um limite de nível fixo para cada elemento da matriz. Para essa aplicação foi utilizado o tipo `THRESH_BINARY_INV` e o valor de limiarização selecionado pelo usuário, ou seja, todos os pixels com valor igual ou superior ao limiar assumem o valor “0” e todos os pixels com valor inferior ao limiar assumem o valor “1”.

Sendo assim, após aplicar tais funções, o frame resultante é uma imagem binária, onde os pixels marcados com “0” correspondem a pixels em movimento e os marcados com “1”, aos pixels que pertencem ao fundo. Portanto, a quantidade de pixel em movimento depende do valor estabelecido para a limiarização. Logo, o valor de limiarização é determinante para eliminar os ruídos de artefatos no fundo da arena. Diante disso, este valor deve ser adequado para que a maioria dos pixels em movimento sejam correspondentes ao animal.

Em seguida, o próximo cálculo do algoritmo de segmentação por subtração de fundo é a operação de erosão. Por sua vez, esse é um processo de filtragem morfológica, utilizado com o fim de eliminar o ruído gerado pelo processo de limiarização. Nessa etapa, foram utilizadas as funções “`getStructuringElement`” e “`erode`”, também do módulo “imgproc” da OpenCV.

1. `getStructuringElement` - Retorna um elemento estruturante do tamanho e forma especificados para operações morfológicas. Nessa aplicação, foi utilizado o parâmetro `MORPH_CROSS`, que é um elemento estruturante em forma de cruz;
2. `erode` - Realiza a corrosão de uma imagem usando um elemento estruturante específico que determina a forma de uma vizinhança de pixel. Nessa aplicação, foi utilizado

como elemento estruturante o resultado da função anterior.

Após a erosão, o frame resultante é uma imagem de fundo branco com várias “manchas” pretas, que correspondem ao animal e a possíveis ruídos que não foram eliminados com os processos de limiarização e erosão. Diante disso foi implementado um algoritmo, ainda na função “atualizaCalibracao”, para selecionar o conjunto de pixels limitados por um contorno fechado que tem a maior probabilidade de corresponder ao animal. Esse algoritmo encontra todos os contornos fechados existentes dentro do frame, e dentre eles, seleciona o de maior área. Este contorno de maior área é admitido como o contorno do animal, pois espera-se que os ruídos encontrados sejam menores que o animal. Tendo o contorno do animal, o próximo passo é encontrar os pixels que estão circunscritos por ele. Para esse algoritmo, foram utilizadas as seguintes funções da classe “imgproc” da OpenCV:

1. findContours - Encontra contornos em uma imagem binária.
2. contourArea - Calcula a área de um contorno.
3. drawContours - Desenha contornos contornos ou contornos preenchidos.

Por fim o resultado é um frame binário correspondente a área do animal. Logo, repetindo todo o processo frame a frame, tem-se o rastreamento.

### 3.2.3.3 Calibração da Escala

Outra tarefa executada na etapa de calibração do sistema é a definição da escala. Os cálculos de rastreamento e extração de dados cinemáticos e morfológicos do animal são realizados em pixels. Logo, a definição da escala, permite que os resultados gerados possam ser apresentados ao usuário também na unidade de medida centímetros, o que é mais compreensível e efetivo.

O método utilizado para a calibração da escala foi desenvolver uma ferramenta no *software* que permita que o usuário desenhe um segmento de reta sobre o frame correspondente ao plano de fundo e atribua um valor, em centímetros, a mesma.

Para isso, foram utilizadas duas funções do módulo “core”, das bibliotecas OpenCV:

1. circle - Desenha um círculo simples ou preenchido com um dado centro e raio. Nessa aplicação, foi atribuído o valor de dois pixels ao raio, o que gera um círculo que aparenta ser um ponto;
2. line - Desenha um segmento de linha conectando dois pontos.

Para calcular o tamanho da reta em pixels, foi criada a função “calculaDistancia”. Essa função é baseada no Teorema de Pitágoras, que relaciona as medidas dos catetos de um triângulo retângulo à medida de sua hipotenusa, sendo a soma dos quadrados dos catetos igual ao quadrado da hipotenusa, conforme Figura 8. Conhecendo-se as coordenadas no eixo das abscissas (x) e das ordenadas (y) dos dois pontos que delimitam o segmento de reta, é possível realizar o cálculo pela Equação 1.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (1)$$

Onde:

$d_{AB}$  = Distância entre os pontos A e B

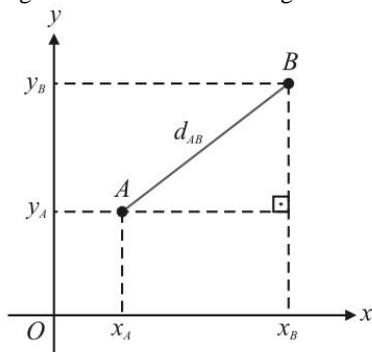
$x_A$  = Coordenada no eixo das abscisas do ponto A

$x_B$  = Coordenada no eixo das abscisas do ponto B

$y_A$  = Coordenada no eixo das ordenadas do ponto A

$y_B$  = Coordenada no eixo das ordenadas do ponto B

Figura 8 – Teorema de Pitágoras



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

### 3.2.3.4 Calibração das Áreas

Ainda na etapa de calibração, é preciso criar as áreas de interesse de rastreamento na arena. Dessa maneira, o *software* pode emitir relatórios segmentados com relação a distintas áreas da arena. A análise etográfica com múltiplas áreas de rastreamento são utilizadas quando há o interesse em comparar o comportamento do animal em diferentes subáreas de uma mesma arena, como por exemplo, áreas próximas à comida, áreas que possa simular perigo ao animal com a presença de um objeto estranho ou sinal de um predador, ou até mesmo áreas separadas devido ao formato da área (*e.g.*, arena em cruz).

A calibração da área pode ser feita em dois tipos: áreas poligonais ou matriciais. A primeira se refere a áreas com formas poligonais, sendo elas circulares, retangulares ou irregulares, independentes uma das outras. Essas podem ser circunscritas entre si, parcialmente sobrepostas ou não-sobrepostas. O segundo tipo se refere a uma área base poligonal (circular, retangular ou irregular) dividida em linhas e colunas, formando subáreas semelhantes a uma matriz.

Foram criadas duas rotinas para executar a calibração das áreas. A “drawArea” contém os códigos para desenhar as áreas poligonais e para desenhar a área base das áreas matriciais. Já a “drawMatrix” desenha as linhas e colunas quando o tipo de área rastreada for matricial. Essas duas rotinas contêm funções do módulo “core” da OpenCV. São elas:

1. circle - Desenha um círculo simples ou preenchido com um dado centro e raio;
2. rectangle - Desenha um retângulo simples ou preenchido a partir de dois pontos (vértices opostos);
3. line - Desenha um segmento de linha conectando dois pontos;
4. addWeighted - Calcula a soma ponderada de dois arrays. Nessa aplicação, é utilizada para somar dois polígonos sobrepostos totalmente ou parcialmente adicionando transparência à cor dos polígonos, de forma que a sobreposição não prejudique na visualização dos polígonos.

Para armazenar os dados de cada área de interesse, foi utilizado a mesma classe “Mat”, da OpenCV usada para armazenar os frames processados do vídeo. Neste caso também foram utilizadas as funções “relese”, “zeros” e “size” dessa classe, citados anteriormente.

### 3.2.4 Análises

A quarta etapa de navegação do *software* corresponde a etografia propriamente dita, em que o usuário realiza efetivamente as análises selecionadas no início da navegação pelo sistema, sendo uma das combinações a seguir:

- 1- Etografia baseada em fontes externas
- 2- Etografia baseada em vídeo
- 3- Rastreamento e extração de dados cinemáticos e morfológicos
- 4- Etografia baseada em vídeo com rastreamento

Essa etapa sempre estará disponível para o usuário. Porém ela só será executada depois que as três etapas anteriores forem concluídas.

É nessa fase que o sistema gera todos os dados etográficos e de rastreamento, permitindo posteriormente a geração de relatórios das análises executadas.

Essa etapa do sistema, está contida na classe “etografia”, composta pelos arquivos “etografia.h”, “etografia.cpp” e pela interface “etografia.ui”.

Pode-se considerar que é uma etapa dinâmica da navegação pelo *software*, pois a apresentação de ferramentas de etografia e rastreamento do usuário e a execução de suas rotinas correspondentes, dependem de quais análises foram selecionadas na primeira etapa. Para isso ocorrer, antes do *software* gerar os objetos de interface dessa etapa, são executadas rotinas de verificação dos dados acumulados pelas etapas anteriores. Essas rotinas identificam quais objetos de interface estarão ativos e quais estarão inativos para cada caso.

#### 3.2.4.1 Etografia baseada em vídeo X Etografia baseada em fontes externas

Nos casos em que as análises são baseadas em vídeo, a rotina utilizada para leitura e processamento dos frames é a mesma da etapa de calibração, a “processVideo”, descrita na Sessão 3.2.3.1. Assim, nessa etapa também foram utilizadas a classe “VideoCapture”, do módulo “HighGUI”, e a classe “Mat”, do módulo “Core” das bibliotecas OpenCV, descrita também na Sessão 3.2.3.1.

Já para os casos em que a análise não é baseada em vídeo, foi criado um temporizador para gerar um cronômetro. Sendo assim, o registro da etologia baseada em fontes externas é baseado no tempo contado pelo cronômetro.

#### 3.2.4.2 Análise etográfica

Quanto a etografia está contida escopo da análise a ser realizada, são criados, na interface, elementos correspondentes aos dados do catálogo selecionado na segunda etapa de navegação do *software*. Dessa maneira, a interação do usuário com os elementos de interface do catálogo (sujeitos e categorias), resultam em uma tabela etográfica com as informações:

1. Sujeito - Animal que realizou a ação, capturado pelo objeto de interface correspondente selecionado
2. Categoria - Ação que realizada, capturado pelo objeto de interface correspondente selecionado

3. Frame/Tempo início - Momento em que a categoria foi realizada. Caso a etografia seja baseada em vídeo, esse dado é o frame que estava sendo processado no momento inicial da categoria. Caso seja baseada em fontes externas, esse dado é o tempo marcado pelo temporizador do cronômetro no momento inicial da categoria.
4. Frame/Tempo Fim - Momento em que a categoria foi finalizada. Caso a etografia seja baseada em vídeo, esse dado é o frame que estava sendo processado no momento final da categoria. Caso seja baseada em fontes externas, esse dado é o tempo marcado pelo temporizador do cronômetro no momento final da categoria.

Antes de criar os elementos de interface do catálogo, o sistema primeiramente executa a leitura do arquivo CTA, pela rotina desenvolvida “leituraCatalogo”, e armazena os dados utilizando os objetos da classe “estruturas”, como já descrito na Sessão 3.2.2. Assim, após a leitura do catálogo, é executada a rotina “setCatalogo” para criar os elementos de interface.

As rotinas que gerencia a interação do usuário com os elementos de interface correspondentes ao catálogo são: “clicarCheckBoxSujeito” e “clicarCheckBoxCategoria”. Elas se baseiam em duas principais condições. A primeira é o tipo de registro de evento selecionado na primeira etapa do *software*, podendo ser auto-exclusivos ou sobrepostos. De acordo com esse dado, a rotina habilita ou desabilita acesso do usuário aos elementos de categoria, garantindo que não haja eventos sobrepostos quanto o tipo de registro selecionado for auto-exclusivos. A segunda condição é se o rastreamento também está no escopo da análise junto com a etografia. Em caso afirmativo, a rotina habilita o acesso do usuário a apenas um elemento de sujeito, uma vez que o sistema só é habilitado a realizar o rastreamento de um único animal em uma arena. Em caso negativo, a rotina habilita o acesso a todos os elementos de sujeito possibilitados pelo catálogo.

#### 3.2.4.3 Análise com rastreamento

Por fim, nos casos em que o rastreamento está incluso na análise, é utilizada a mesma metodologia de rastreamento da etapa de calibração, um algoritmo de subtração do fundo seguido por operações de limiarização, erosão e seleção de contorno correspondente ao animal

rastreado, a partir de funções da classe “imgproc” da OpenCV, descritos na Sessão 3.2.3.2. Nessa etapa, o algoritmo de rastreamento foi desenvolvido na função “atualizaAnalise”.

Foi desenvolvida uma rotina de análise de fuga do animal. Quando no fim da segmentação, o contorno selecionado para representar o animal (pelo método descrito, o maior contorno encontrado) apresentar área total menor ou igual a oito pixels, admite-se que o animal não foi encontrado. Nesses casos, para o cálculo dos descritores cinemáticos e morfológicos correspondentes ao frame atual do vídeo, considera-se o frame atual igual ao frame anterior.

Ainda na função “atualizaAnalise”, após a identificação do contorno do animal, é executada uma rotina para a extração dos descritores cinemáticos e morfológicos. Para criar essa rotina, foram utilizadas algumas funções da OpenCV, conforme serão descritos das sessões seguintes.

#### 3.2.4.4 Descritores cinemáticos e morfológicos

É na etapa de análise em que os descritores cinemáticos e morfológicos são extraídos frame-a-frame do vídeo. Todos os descritores são calculados sobre as matrizes resultantes após o procedimento de segmentação do animal com relação ao fundo da arena. Sendo assim, a unidade de medida inicial dos descritores é em pixel (exceto os que se referem a ângulo). Com o valor calibrado da escala, calcula-se posteriormente os mesmos descritores em centímetros (cm), quando for uma medida de distância, e em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>), quando se refere a uma medida de área

O cálculo dos descritores cinemáticos é uma relação entre o frame atual processado e o anterior, enquanto os morfológicos referem a apenas o frame em análise. Os descritores morfológicos extraídos foram:

1. Área do animal;
2. Centro de massa do animal;
3. Área do menor quadrilátero que circunscrita o animal;
4. Proporção entre os lados do quadrilátero que circunscrita o animal;
5. Comprimento do animal;
6. Angulação do animal;
7. Angulação do quadrilátero que circunscrita o animal.

Já os descritores cinéticos calculados foram:

1. Quantidade de pixels alterados.
2. Distância percorrida;
3. Variação angular do animal;
4. Variação angular do quadrilátero que circunscrita o animal.

### Área do animal

O primeiro descritor calculado é a área do animal. O número de pixels do animal é quantificado como área do animal. Para calcular esse valor, encontra-se a quantidade total de pixels da matriz após a segmentação, multiplicando a quantidade de linhas por colunas, e subtrai desse valor a quantidade de pixels que tem valores não-nulos (pixels nulos, de coloração preta, correspondem aos pixels do animal). Para esse cálculo foram utilizados dois atributos da classe “Mat” e uma função do módulo “Core”:

1. Mat::Mat – Construtores de matriz. Os atributos utilizados foram:
  - a. rows - Número de linhas em uma matriz 2D;
  - b. cols - Número de colunas em uma matriz 2D;
2. countNonZero - A função retorna o número de elementos diferentes de zero da matriz

### Quantidade de pixels alterados

Alterações na área do animal são medidas pelo descritor de quantidade de pixels alterados. Esse segundo descritor avalia diferenças na intensidade de cor (níveis de cinza) de cada pixel, na comparação da matriz resultante da segmentação do frame atual em relação à matriz do frame anterior. Essas alterações de cor podem guardar informação comportamental relevante, como dados para identificação de um movimento fisiológico (respiração), ou para a diferenciação de comportamentos semelhantes (imobilidade e limpeza corporal).

### Centro de massa do animal

O centro de massa do animal é a posição estimada do corpo do animal no plano cartesiano. Para obtê-la utilizou-se a seguinte função do módulo “imgproc” da OpenCV

1. moments - Calcula todos os momentos de até terceira ordem de um polígono ou de uma imagem rasterizada. Nessa aplicação, foram usados os atributos  $m_{10}$ ,  $m_{01}$  e  $m_{00}$  para calcular o centro de massa, como indica a Equação 2.

$$\bar{X} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{Y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2)$$

Onde:

$\bar{X}$  = Coordenada no eixo das abscisas do centro de massa

$\bar{Y}$  = Coordenada no eixo das ordenadas do centro de massa

$m_{10}$ ,  $m_{01}$ ,  $m_{00}$  = Momentos espaciais

### Distância percorrida

A distância euclidiana entre o centro de massa do animal no frame atual e no frame anterior constitui o descritor da distância percorrida pelo animal. Para realizar esse cálculo, foi utilizado a função do módulo “Core” da OpenCV:

1. norm – Calcula a norma absoluta dos parâmetros.

### Área do menor quadrilátero que circunscrita o animal

Apenas a área do animal, não traduz muitas informações sobre a morfologia e a rugosidade de seu contorno. Essa informação possibilita somente um julgamento do tamanho do animal em cada frame.

Ao desenhar o menor quadrilátero possível, cujos pixels correspondentes ao animal estejam todos inscritos a ele, as possibilidades de julgamento sobre a rugosidade do contorno do animal se expandem. Nessas condições, é possível associar os dois descritores, podendo gerar novos julgamentos. Quanto mais próxima da área do animal for a área do quadrilátero, menor é a probabilidade de o contorno apresentar rugosidades. Já quanto mais distintas forem as duas áreas entre si, maior

a probabilidade de o animal apresentar rugosidades. Essa característica de rugosidade pode estar vinculada a mudanças de direção, por exemplo

Para calcular esse descritor, primeiramente é detectado menor quadrilátero circunscrito ao animal, e posteriormente, conhecidas as dimensões do mesmo, efetuar o cálculo da área por uma operação de multiplicação. Para isso foi utilizado a classe “RotatedRect”, do módulo “core”, e funções no módulo “imgproc” e “core” da OpenCV:

1. RotatedRect - A classe representa retângulos girados em um plano. Cada retângulo é especificado pelo ponto central (centro de massa), comprimento de cada lado e o ângulo de rotação em graus;
2. minAreaRect - A função calcula e retorna o retângulo de limite de área mínima (possivelmente girado) para um conjunto de pontos especificado;
3. RotatedRect::points - Retorna a matriz de ;pontos para armazenar os vértices do retângulo
4. norm - Calcula a norma absoluta dos parâmetros.

#### Proporção entre os lados do quadrilátero que circunscrita o animal

O descritor da proporção é dado pela da razão entre os lados do quadrilátero. Esse descritor complementa a associação entre as áreas do animal e de seu quadrilátero circunscrito. Uma razão próxima ao valor “1” indica que os lados do quadrilátero são aproximadamente do mesmo tamanho, enquanto que um valor mais distante de “1” indica um lado do quadrilátero maior que o outro. Considerando o primeiro caso associado com as áreas do animal e quadriláteros próximas (baixa rugosidade), indicam uma probabilidade maior de o animal estar aninhado, parado realizando autolimpeza ou imerso na água apenas com a cabeça exposta, por exemplo. Por outro lado, considerando uma proporção distante de “1” e a rugosidade baixa, indicam uma probabilidade maior para o animal estar em movimento, deslocando em linha reta, por exemplo.

### Comprimento do animal

Para o cálculo do comprimento do animal, encontra-se inicialmente a reta de orientação do conjunto de pontos formado pela matriz que representa o animal. Feito isso, encontra-se os pontos de intersecção da reta com o quadrilátero que circunscreve o contorno do animal. Admite-se que o comprimento será aproximado pela distância entre os dois pontos de intersecção.

Foi utilizado a seguinte função do módulo “imgproc” da OpenCV:

1. fitLine - Ajusta uma reta a um conjunto de pontos 2D ou 3D.

### Angulação do animal

O descritor de angulação do animal é dado pelo cálculo de inclinação da reta correspondente ao comprimento animal com relação ao eixo horizontal.

### Angulação do quadrilátero que circunscrita o animal

O descritor de angulação do quadrilátero é dado pelo cálculo de inclinação de seu maior lado com relação ao eixo horizontal.

A associação entre as duas angulações calculadas pode gerar julgamentos de mudança de direção de deslocamento. Ou seja, quanto mais próximos estão esses ângulos, pode-se assumir que a probabilidade do animal permanecer na mesma orientação é alta. E quando esses ângulos de diferenciam, pode indicar que o animal está em um assumindo uma nova direção em relação ao seu deslocamento, caso esse animal esteja em movimento, por exemplo.

### Variação angular do animal

A diferença entre a orientação do animal no frame atual, e a orientação no frame anterior é usada como o descritor da variação angular do animal.

### Variação angular do quadrilátero que circunscrita o animal

A diferença entre a orientação quadrilátero que circunscrita o animal no frame atual, e a orientação no frame anterior é usada como o descritor da variação angular do quadrilátero.

#### **3.2.5 Emissão de relatórios**

A última etapa de navegação do ETHOWATCHER® é a emissão de relatórios. Nessa fase, todos os dados selecionados durante as demais etapas bem como os resultados das análises realizadas pelo sistema são compilados e organizados em relatórios para o usuário.

Essa etapa sempre estará disponível para o usuário durante a navegação pelo *software*. Entretanto ela só será executada após a conclusão das análises etográficas.

Assim, como a etapa anterior, essa depende dos tipos de análises que foram selecionadas e executadas. Isso ocorre porque há possibilidades de gerar relatórios de tipos diferentes, sendo eles: relatório geral da etografia, relatório geral do rastreamento, relatório segmentado em função do tempo e relatório segmentado em função da área. Esses relatórios são gerados em formato de arquivo XML, e a seleção de quais serão emitidos é controlada pelo usuário sob duas condições. A primeira condição é que o relatório geral de etografia só pode ser gerado se foi realizada alguma das duas etografias disponíveis (baseada em fontes externas ou em vídeo). A segunda condição é que o relatório geral de rastreamento e o segmentado em função da área só podem ser gerados se foi realizado o rastreamento na etapa de análise. Diante disso, as combinações de relatórios que podem ser emitidos para cada tipo de análise são as seguintes

1. Análise etográfica baseada em vídeo ou baseada em fontes externas
  - a. Emitir apenas o relatório geral da etografia;
  - b. Emitir o relatório geral da etografia e o segmentado em função do tempo.
  
2. Análise etográfica baseada em vídeo com rastreamento
  - a. Emitir os relatórios geral da etografia e geral do rastreamento;

- b. Emitir os relatórios geral da etografia, geral do rastreamento e o segmentado em função do tempo;
- c. Emitir os relatórios geral da etografia, geral do rastreamento e o segmentado em função das áreas;
- d. Emitir todos os relatórios: geral da etografia, geral do rastreamento, segmentado em função do tempo e segmentado em função das áreas.

### 3. Rastreamento

- a. Emitir apenas o relatório geral do rastreamento;
- b. Emitir o relatório geral do rastreamento e o segmentado em função do tempo;
- c. Emitir o relatório geral do rastreamento e o segmentado em função das áreas;
- d. Emitir os relatórios geral do rastreamento, segmentado em função do tempo e segmentado em função das áreas.

Além dos relatórios em formato XML, para os casos em que foi realizado o rastreamento, gera-se também arquivos de imagem, em formato PNG, correspondentes a rota percorrida pelo animal na arena e as áreas calibradas selecionadas.

Para compilar todos os resultados, os resultados parciais de cada etapa anterior são salvos e repassados para essa última etapa na forma de estruturas de dados. Diante disso, a rotina de geração de relatórios desenvolvida realiza a leitura de todos os dados os reorganiza em sessões de um arquivo XML.

A primeira sessão do arquivo é o cabeçalho a qual contém as informações de identificação do experimento (dados do experimento, experimentador e do animal), o tipo de etografia e de registro realizada, se foi realizado ou não o rastreamento, os dados da calibração (arquivo de vídeo, valores utilizados para limiarização e erosão e a escala calculada) e dados do catálogo (sujeitos e categorias).

A segunda sessão do arquivo dispõe os resultados da análise e algumas análises estatísticas sobre esses dados. A organização desses dados é realizada de acordo com o tipo de relatório que é gerado, de acordo com as descrições a seguir.

Essa etapa do sistema, está contida na classe “ethowatcher”, composta pelos arquivos “ethowatcher.h”, “ethowatcher.cpp” e pela interface “ethowatcher.ui”.

### 3.2.5.1 Relatório geral de etografia

Esse relatório dispõe das informações geradas na tabela de etografia na etapa de análise. Portanto para cada evento registrado, é apresentado o sujeito, categoria, tempo inicial, tempo final e a duração do evento. Para a etografia baseada em fontes externas, o início e o fim do evento já é dado em função do tempo. Já para a etografia baseada em vídeo, esses dados são extraídos em frames. Logo para transformá-los em função do tempo, é utilizado a razão de frames por segundo (FPS) do vídeo analisado. Com relação a duração do evento, para obtê-la foi efetuada a operação de subtração entre o tempo inicial e final.

O relatório de etografia também apresenta uma análise estatística referente a cada categoria do catálogo comportamental. Essa análise é composta pelos seguintes dados:

1. Duração total – Dada pela soma de todas as durações parciais referentes aos eventos de cada categoria;
2. Frequência – Dada pela quantidade de ocorrências (eventos) de cada categoria durante a análise;
3. Latência – Tempo de reação associado a cada categoria, ou seja, dada pelo tempo inicial do primeiro evento ocorrido referente a cada categoria;

Se o rastreamento não foi realizado na etapa de análise, todos os dados estatísticos apresentados no relatório geral de etografia são agrupados em subseções correspondente a cada animal. Ou seja, a duração total, frequência e latência das categorias são calculadas para cada sujeito do catálogo comportamental.

### 3.2.5.2 Relatório geral de rastreamento

Esse relatório dispõe frame a frame todos os descritores morfológicos e cinemáticos extraídos da matriz resultante do processo de

segmentação. Portanto para cada frame do vídeo, é apresentado as informações de posição do centro de massa no eixo das abcissas (x), posição do centro de massa no eixo das abcissas (y), distância percorrida em pixels, distância percorrida em centímetros, área do animal em pixels, área do animal em centímetros, área do quadrilátero circunscrito ao animal em pixels, área do quadrilátero circunscrito ao animal em centímetros quadrados, proporção entre os lados do quadrilátero circunscrito ao animal, comprimento do animal em pixels, comprimento do animal em centímetros, ângulo do animal, ângulo do quadrilátero circunscrito ao animal, variação angular do animal e variação angular do quadrilátero circunscrito ao animal.

Além dos descritores também é adicionado a informação de tempo real do vídeo correspondente a cada frame e o tempo da análise, que é dada pela subtração do tempo real de cada frame no vídeo pelo tempo real do primeiro frame da análise. Sendo assim, o tempo da análise no primeiro frame é sempre “0”, independente se o primeiro tempo da análise é o primeiro tempo do vídeo ou não.

Outra informação adicionada é se o animal foi adicionado, ou a ocorreu a fuga em cada frame. Esse dado é obtido do algoritmo de busca do animal descrito na sessão 3.2.4.3.

Por fim, caso a etografia baseada em vídeo também tenha sido realizada na etapa de análise, é adicionado no catálogo de rastreamento a informação dos eventos etográficos ocorridos frame-a frame.

O relatório de rastreamento também apresenta uma análise estatística descritiva referente a cada descritor. Essa análise é composta pelos seguintes dados:

1. Soma – Dada pela soma dos valores de cada frame, referente a cada descritor (exceto as coordenadas cartesianas do centro de massa);
2. Média – Considerada uma medida de tendência central, é dada pela divisão da soma total dos valores de cada frame pelo número de frames, referente a cada descritor (exceto as coordenadas cartesianas do centro de massa). O cálculo da média é representado pela Equação 3;
3. Desvio padrão da média – Medida de variação que descreve como os valores de dados variam da média. Esse cálculo é representado pela Equação 4;

4. Erro padrão da média - estima a variabilidade entre médias amostrais que se obteria se coletasse diversas amostras da mesma população. O erro padrão da média estima a variabilidade entre amostras, enquanto o desvio padrão mede a variabilidade em uma única amostra. Esse cálculo é representado pela Equação 5.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Onde:

$\bar{x}$  = Média

$x_i$  = Valor de cada dado da amostra

$n$  = Quantidade total de dados na amostra

$s$  = Desvio padrão

$S_{\bar{x}}$  = Erro padrão da média

### 3.2.5.3 Relatório segmentado em função do tempo

O relatório segmentado em função do tempo divide o tempo total da análise realizada, sendo essa etografia ou rastreamento, em intervalos menores. Assim para cada intervalo de tempo, são apresentados os eventos etográficos e frames com os dados cinemáticos e morfológicos que ocorrerão dentro dos limites desse intervalo. Dessa maneira, para cada intervalo de tempo é calculada uma análise estatística própria, contrário aos relatórios gerais de etografia e rastreamento que apresentam a análise estatística referente ao tempo total de análise.

O tamanho do intervalo de tempo é selecionado pelo usuário. Com esse valor, a metodologia para agrupar os dados em intervalos é comparar o tempo em que ocorre o evento etológico ou o frame rastreado com os tempos iniciais e finais de cada intervalo.

#### 3.2.5.4 Relatório segmentado em função das áreas

O relatório segmentado em função das áreas apresenta relatórios etográficos ou de rastreamento parciais referentes a cada área da arena calibrada.

Para os dados resultantes do rastreamento, a rotina de elaboração do relatório verifica frame a frame se o centro de massa do animal está contido no contorno das áreas selecionadas. Essa verificação é possível uma vez que as áreas calibradas são salvas em matrizes binárias, sendo os pixels correspondentes ao plano de fundo de valor “1” (branco) e os correspondentes ao animal assumem valor ”0” (preto). Logo, a verificação consiste em capturar na matriz de cada área o valor do pixel correspondente ao centro de massa do animal em cada frame, e assim, avaliar se pertence ao fundo ou a área calibrada.

Para os dados resultantes da etologia, para cada evento etográfico verifica-se o local que o animal está posicionado na arena. Isso é possível utilizando o intervalo de tempo em que ocorre o evento e o centro de massa do animal. Com esses dados e a matriz binária das áreas, pelo mesmo algoritmo descrito acima, o sistema agrupa os eventos etográficos que ocorreram em cada área calibrada.

Dessa maneira, para cada área calibrada é calculada uma análise estatística própria, contrário aos relatórios gerais de etografia e rastreamento que apresentam a análise estatística referente a área total que corresponde um frame.

### 3.2.6 Tutor

Todo o processo de configuração e execução das etapas de navegação do sistema é acompanhado por um tutorial iterativo, que baseado nas ações realizadas pelo usuário, indica quais os próximos passos a serem executados. A estrutura do tutorial inicia-se na primeira etapa de ajuste de parâmetros da análise e se estende pelas demais etapas e interfaces correspondentes.

A principal classe tutora é a “TTutorFerramenta”, que se encontra nos arquivos “classestutor.h” e “classestutor.cpp”, responsável por coordenar todas as etapas de ajuste de parâmetros da análise com base na escolha do tipo de experimento que o usuário deseja realizar. As demais etapas possuem tutores internos para auxiliar o usuário.

### 3.3 TESTES E VALIDAÇÃO DO *SOFTWARE*

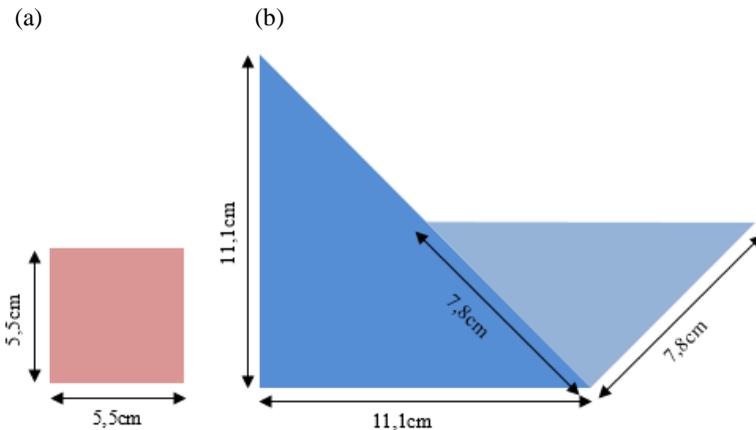
Para a verificar a validade das ferramentas do ETHOWATCHER® em distintas situações, foram elaborados e executados alguns testes de validação que serão descritos a seguir.

#### 3.3.1 Rastreamento de objetos imóveis

Para verificar as medidas obtidas do rastreamento, foi considerado primeiramente a situação em que o objeto rastreado encontra-se imóvel. Com o objetivo de simular essa situação, foram gravados vídeos, de mesmo formato e resolução, de dois objetos de formas distintas em diferentes posições em uma arena.

Neste caso, foram utilizadas duas formas geométricas de madeira, sendo a primeira de formato quadrado, cujos lados medem 5,5 cm, e a segunda de formato irregular, formada pela junção de dois triângulos retângulos, cujos lados medem 11,1 cm e 7,8 cm, conforme Figura 9. Para calibrar o centro, foi utilizada uma bola de isopor de raio 0,75 cm.

Figura 9 – Representação das formas geométricas utilizadas: quadrado (a) e irregular



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

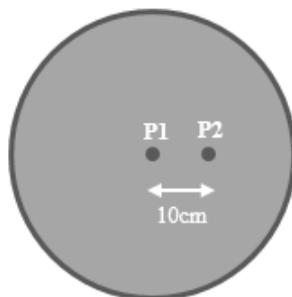
Foi utilizada uma arena de cor preta, formato circular e raio igual a 24 cm. Para garantir contraste do objeto rastreado com o fundo da arena, os as formas geométricas foram pintadas de branco.

A câmera escolhida para a filmagem foi a Filmadora Sony HDR-CX405 HD Handycam. Ela foi fixada a 118 cm do fundo da arena, direcionada para o centro da arena. Com ela, foram gravados vídeos com a duração de três minutos cada um, originalmente em formato MPG. Os vídeos foram convertidos para o formato DIVX, com resolução de 852x480 pixels e taxa de frames de 30 fps.

No o primeiro vídeo, posicionou-se a bola de isopor no centro da arena. Para garantir que os objetos filmados estivessem fixos em uma mesma posição, o fundo da arena foi coberto com uma folha circular de EVA, de cor preta e opaca, e com o auxílio de uma tacha, foram afixados os objetos.

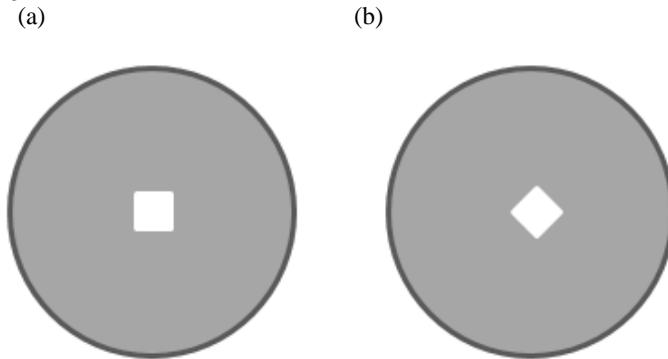
Para cada um dos demais objetos, quadrado e forma irregular, foram gravados mais quatro vídeos, sendo dois com o objeto no centro da arena e os outros dois, posicionados a uma distância de 10 cm do centro, conforme indica os pontos P1 e P2 na Figura 10. Os dois vídeos em que o objeto se encontra no mesmo ponto se diferenciam pela rotação do objeto, como mostra o exemplo da Figura 11.

Figura 10 – Representação dos pontos referentes ao centro (P1) e a distância de 10 cm do centro (p2) na arena



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 11 – Representação do objeto posições no centro da arena, mas em duas rotações diferentes (a) e (b)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Os objetos foram afixados nos pontos P1 e P2 pelos seus centroides. Para isso foram calculados o centroide do quadrado, que equivale ao ponto de cruzamento das diagonais, e da forma irregular, que equivale à média dos pontos cartesianos correspondentes aos centroides dos dois triângulos retângulos que o compõem.

Dessa maneira, para essa etapa de validação foram gravados um total de nove vídeos. Todos os vídeos foram processados no ETHOWATCHER®, utilizando o módulo de análise por rastreamento. Para a calibração desses vídeos, padronizou-se o valor do nível de erosão igual a zero e o limiar de subtração igual a 30.

Com dados dos relatórios gerados pelo ETHOWATCHER®, foram analisadas as seguintes informações:

1. Distância percorrida entre frames
2. Distância total percorrida
3. Distância do objeto ao centro da arena
4. Comprimento do objeto
5. Área do objeto

Para as análises, foram selecionados conjuntos de 150 frames, correspondentes a cinco segundos de vídeo. Assim, foram calculados a média e o desvio padrão das amostras correspondentes aos descritores de distância percorrida, comprimento e área. No caso da distância total percorrida, foram somados os valores de distância percorrida correspondentes a cada um dos 150 frames.

Para o cálculo da distância do objeto ao centro, assumiu-se como coordenadas do centro da arena a média das coordenadas da bola de isopor, calculado frame a frame pelo *software*. Assim, pelo Teorema de Pitágoras, calculou-se a distância entre as coordenadas do objeto e as coordenadas do centro, para cada uma das 150 amostras. A partir, disso, calculou-se também a média e o desvio padrão desses valores obtidos.

Além da estatística descritiva básica, utilizou-se a testes estatísticos para avaliar se existe diferenças significativas entre os conjuntos de amostras realizados. Os testes escolhidos foram os não paramétricos, uma vez que os pressupostos de normalidade não estão assegurados, e essas técnicas não exigem suposições quanto à distribuição da variável populacional. Sendo assim, foram realizados o teste de Friedman, quando a análise é correspondente a avaliação de três ou mais grupos amostrais, e o teste de Wilcoxon, quando a análise desejada é entre dois grupos. Para realização de tais testes, foi utilizado o *software* Statistica, versão 10.0.

O intuito dessa etapa de calibração é verificar a estabilidade dos objetos parados (distâncias percorridas frame a frame e totais nulas) e a repetibilidade das suas características morfológicas (comprimento e área), bem como o cálculo correto do centroide (pela distância do objeto ao centro da arena) e sua independência quanto a rotação do objeto.

### **3.3.2 Rastreamento de objetos em diferentes formatos de vídeo**

Ainda analisando parâmetros de rastreamento, foi considerado a possibilidade de análise de vídeos em distintos formatos e resoluções. Diante disso, foram gravados vídeos, variando os formatos de arquivo, de objetos imóveis no centro da arena, utilizando dispositivos de captura diferentes entre si.

Neste caso, foram utilizadas duas bolas de isopor de tamanhos diferentes, uma com raio igual a 3,25 cm e outra com o raio de 1,5 cm. A arena usada foi a mesma da etapa de validação anterior, cujo raio mede 24 cm.

Para essa validação, foram utilizadas duas câmeras de vídeo em configurações diferentes. A primeira câmera escolhida para a filmagem foi a Filmadora Sony HDR-CX405 HD Handycam. Ela foi fixada a 118 cm do fundo da arena, direcionada para o centro da arena. Com ela, foram gravados vídeos originalmente em formato MPG, os quais vídeos foram convertidos para dois formatos diferentes: DIVX, com resolução de 852x480 pixels e taxa de frames de 30fps, e MP4, com resolução 960x550 pixels e taxa de frames de 30fps.

A segunda câmera foi a Webcam Hp Hd-4110. Primeiramente, essa câmera foi fixada a 79 cm do fundo da arena, direcionada para o centro da arena. Com essa configuração, o campo de imagem capturado no vídeo foi o mesmo que o da câmera anterior, de forma que as proporções de tamanho da arena e dos objetos filmados se mantiveram iguais as proporções dos vídeos gerados pela primeira câmera. Com a câmera nessa posição, foram gravados vídeos em formato MP4, com resolução de 1920x1080 pixels e taxa de frames de 7fps.

Em seguida, mudou-se a altura da Webcam Hp Hd-4110 para 118 cm do fundo da arena, mesma posição da primeira câmera utilizada. Nessa nova configuração, o campo de imagem capturado aumentou, de forma que as proporções dos objetos gravados diminuíram com relação aos vídeos anteriores, ou seja, o tamanho da arena e das bolas de isopor no vídeo (medidos em pixel) diminuíram. Com essa nova posição de câmera, foram gravados vídeos de mesmo formato e resolução (MP4 E 1929x1080 pixels), porém com taxa de frames igual a 14fps.

Para cada uma das quatro combinações de câmera e formatos de vídeo, foram gravados dois vídeos. Em um deles, posicionou-se a bola de isopor maior no centro da arena, de maneira que ficasse imóvel, utilizando a folha de EVA e uma tacha, da mesma maneira que foi descrito na etapa de validação anterior. No outro vídeo, a bola de isopor maior foi substituída pela menor, nas mesmas configurações, posicionada imóvel no centro da arena. Todos os vídeos gravados tiveram duração total de três minutos.

Dessa maneira, para essa etapa de validação foram gravados um total de oito vídeos. Todos os vídeos foram processados no ETHOWATCHER®, utilizando o módulo de análise por rastreamento. Para a calibração desses vídeos, padronizou-se o valor do nível de erosão igual a zero e o limiar de subtração igual a 30.

Com dados dos relatórios gerados pelo ETHOWATCHER®, foram analisadas as seguintes informações:

1. Distância percorrida entre frames
2. Distância total percorrida
3. Comprimento do objeto
4. Área do objeto
5. Pixels alterados a cada frame

Para as análises, foram selecionados conjuntos de frames, correspondentes a cinco segundos de vídeo. Como os vídeos tem variadas taxas de frames, os conjuntos amostrais não têm o mesmo tamanho. Para

os vídeos da primeira câmera, cuja taxa de frames é de 30fps, as amostras foram de 150 frames. Para a segunda câmera, as amostras dos vídeos de 7fps foram de 38 frames, e dos vídeos de 14 fps, 76 frames.

Assim, foram calculados a média e o desvio padrão das amostras correspondentes aos descritores de distância percorrida, comprimento, área e pixels alterados. No caso da distância total percorrida, foram somados os valores de distância percorrida correspondentes ao total de amostras.

Os mesmos testes estatísticos não paramétricos utilizados na primeira etapa de validação, testes de Friedman e Wilcoxon, também foram aplicados para essa etapa.

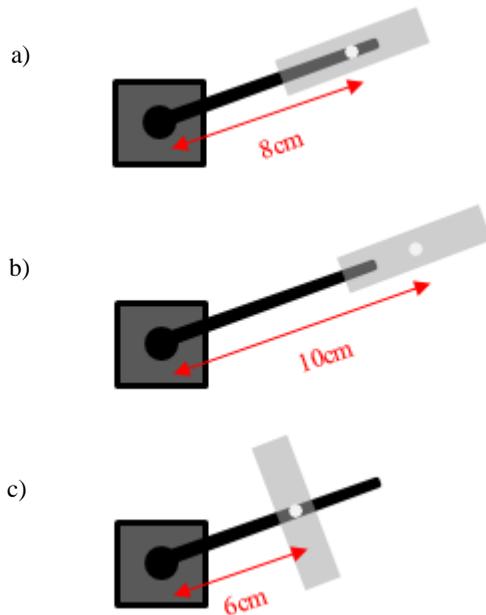
O intuito dessa etapa de calibração é verificar as características de um objeto imóvel (comprimento e área), bem como sua estabilidade (distâncias percorridas frame a frame e totais nulas), se mantém em variados formatos e resoluções de vídeo. Além disso, verificar se existe variação do nível de ruído (pixels alterados) entre diferentes configurações de filmagem.

### **3.3.3 Rastreamento de objetos em movimento**

Também relacionado ao módulo de rastreamento de objetos do *software*, foi considerado a situação em que o objeto rastreado encontra-se em movimento. Para simular essa situação, foram gravados vídeos, de mesmo formato e resolução, de um mesmo objeto posicionado de maneiras diferentes sobre o ponteiro de segundos de um relógio, dentro da arena.

Neste caso, foi utilizado uma forma retangular de material esponjoso, de dimensões iguais a 8 cm de comprimento e 2 cm de largura. Esse objeto foi acoplado ao ponteiro de segundos de um relógio de três maneiras distintas, conforme Figura 12: distante a 8 cm e 10 cm do centro, na mesma direção do ponteiro, e distante a 6 cm do centro, perpendicular à direção do ponteiro.

Figura 12 – Representação das posições da forma retangular em relação ao ponteiro de segundos do relógio: a 8 cm (a) e 10 cm (b) do centro, na mesma direção do ponteiro, e a 6 cm (c) do centro, perpendicular à direção do ponteiro



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Foi descartada a base do relógio e os ponteiros de horas e minutos, sendo preservados apenas o motor e o ponteiro de segundos. Para garantir que o *software* reconheça apenas a forma retangular como objeto a ser rastreado, as peças do relógio foram pintadas de preto e foi escolhido um material esponjoso branco para a confecção do retângulo. A arena foi a mesma utilizada nos protocolos de validação anteriores, sendo circular e de raio igual a 24 cm.

A câmera escolhida para a filmagem foi Filmadora Sony HDR-CX405 HD Handycam. Ela foi fixada a 118 cm do fundo da arena, direcionada para o centro da arena. Com ela, foram gravados vídeos com a duração de três minutos cada um, originalmente em formato MPG. Os vídeos foram convertidos para o formato DIVX, com resolução de 852x480 pixels e taxa de frames de 30fps.

Nos vídeos, o motor do relógio foi posicionado no centro da arena, fixado com fita adesiva, de forma a garantir sua imobilidade. Com o

relógio fixo, para cada posição retratada na Figura 12, foi gravado um vídeo.

Dessa maneira, para essa etapa de validação foram gravados um total de três vídeos. Todos os vídeos foram processados no ETHOWATCHER®, utilizando o módulo de análise por rastreamento. Para a calibração desses vídeos, padronizou-se o valor do nível de erosão igual a zero e o limiar de subtração igual a 50.

Com dados dos relatórios gerados pelo ETHOWATCHER®, foram analisadas as seguintes informações:

1. Distância percorrida entre frames
2. Distância total percorrida
3. Variação angular entre frames
4. Variação angular total

Para as análises, foram selecionados conjuntos de 150 frames, correspondentes a cinco segundos de vídeo. Assim, foram calculados a média e o desvio padrão das amostras correspondentes aos descritores de distância percorrida e variação angular. No caso da distância total percorrida, foram somados os valores de distância percorrida correspondentes a cada um dos 150 frames. Também para a variação angular total, foram somados os valores de variação angular correspondente a cada um dos 150 frames.

Assim como nas etapas de validação anteriores, foram utilizados os testes estatísticos não paramétricos de Friedman e Wilcoxon para avaliar as diferenças significativas entre os conjuntos de amostras analisados.

O intuito dessa etapa de calibração é verificar se a movimentação do objeto observada pelo *software* (traduzida pela distância percorrida e variação angular), correspondem movimentação real do ponteiro de segundos de um relógio.

### **3.3.4 Algoritmo de fuga do objeto rastreado**

Para verificar os algoritmos de fuga do objeto rastreado, foi utilizado um vídeo de um rato (wistar, macho, oriundo do Biotério Central da Universidade Federal de Santa Catarina) exposto a um campo aberto. O protocolo experimental usado para a obtenção deste vídeo foi aprovado no dia 16/07/2008 pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - protocolo PP00254 - Ofício nº 128/CEUA/PRPe/2008). Esse vídeo

também foi utilizado para a validação dos algoritmos de etologia e para os testes da versão final do software desenvolvido.

O vídeo foi gravado em formato AVI, com resolução de 320x240 pixels e taxa de frames de 30fps.

Esse vídeo foi processado na primeira versão do ETHOWATCHER® e na nova versão, utilizando o módulo de análise por rastreamento. Para sua calibração, utilizou-se um valor elevado de limiar de subtração, igual a 120. Com esse valor, em alguns frames processados, a corrosão chega a anular a área do animal rastreado, simulando a fuga do animal. O intervalo de frames processado para esse vídeo foi de 1700 a 2200 frames, totalizando 500 frames processados.

Com dados dos relatórios gerados pelas duas versões do ETHOWATCHER® e pelas imagens geradas da rota do animal, foi possível observar e analisar duas informações:

1. Distância total percorrida
2. Quantidade de fugas do animal

O intuito dessa etapa de calibração é verificar se houve diferença quantitativa (distância total percorrida) e qualitativa (desenho da rota do animal) nos dados do rastreamento com a implementação do algoritmo de fuga do animal na nova versão do *software*.

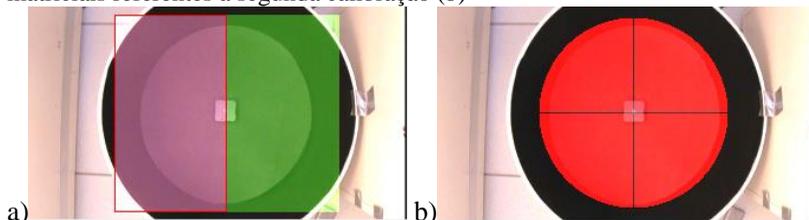
### **3.3.5 Segmentação temporal e espacial**

Para verificar os algoritmos de segmentação temporal e espacial rastreamento, foi utilizado um dos vídeos gravados para a validação do rastreamento de objetos em movimento. O vídeo selecionado foi o que o objeto retangular se encontra acoplado ao ponteiro de segundos a 10 cm de distância do centro do relógio e da arena. Os procedimentos de gravação desse vídeo e características técnicas encontram-se detalhadas na Sessão 3.3.3.

Esse vídeo foi processado no ETHOWATCHER® utilizando o módulo de análise por rastreamento. Foram feitas duas calibrações, sendo uma abordando áreas de calibração poligonais, utilizando duas áreas retangulares para dividir a arena em dois hemisférios (direito e esquerdo), e a outra abordando as áreas matriciais, dividindo a arena circular em 4 quadrantes (Figura 13). Para sua calibração, utilizou-se o valor do nível de erosão igual a zero e o limiar de subtração igual a 40. O intervalo de frames processado para esse vídeo foi de 850 a 2650 frames

(correspondente a 60 segundos, ou seja, uma volta completa do ponteiro), totalizando 1801 frames processados.

Figura 13 – Áreas poligonais referentes a primeira calibração (a) e áreas matriciais referentes a segunda calibração (b)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para a primeira calibração, foi gerado o relatório de rastreamento segmentado por áreas (Área 1 e Área 2) e segmentado por tempo, selecionando o intervalo de 30 segundos.

Para a segunda calibração, foi gerado o relatório de rastreamento segmentado por áreas (Área 1.1, Área 2.1, Área 1.2 e Área 2.2) e segmentado por tempo, selecionando o intervalo de 15 segundos.

Com dados dos relatórios gerados pelo ETHOWATCHER®, foi possível observar e analisar as seguintes informações:

1. Intervalo de tempo de cada segmento temporal
2. Total de frames de cada segmento temporal
3. Total de frames de cada segmento espacial

O intuito dessa etapa de calibração é verificar se os frames do vídeo foram segmentados corretamente em função do tempo e do espaço pelos algoritmos de segmentação do rastreamento algoritmo de fuga do animal na nova versão do *software*.

### 3.3.6 Algoritmos de etografia

Para verificar os algoritmos de etografia, foi utilizado o mesmo vídeo da validação do algoritmo de fuga do animal, um vídeo de um rato (wistar, macho, oriundo do Biotério Central da Universidade Federal de Santa Catarina) exposto a um campo aberto.

O vídeo foi gravado em formato AVI, com resolução de 320x240 pixels e taxa de frames de 30fps.

Esse vídeo foi processado no ETHOWATCHER®, utilizando o módulo de análise etografia baseada em vídeo. Foram realizadas duas análises, sendo uma com o tipo de evento auto exclusivo e a outra, sobreposto. O intervalo de frames processado para esse vídeo foi de 350 a 1350 frames, totalizando 1000 frames processados.

Com dados do relatório gerado pelo ETHOWATCHER®, foi possível observar e analisar as informações:

1. Sequência etográfica

O intuito dessa etapa de calibração é verificar se a tabela comportamental gerada no relatório, correspondem aos eventos registrados durante a análise etográfica na nova versão do *software*.

## 4 RESULTADOS

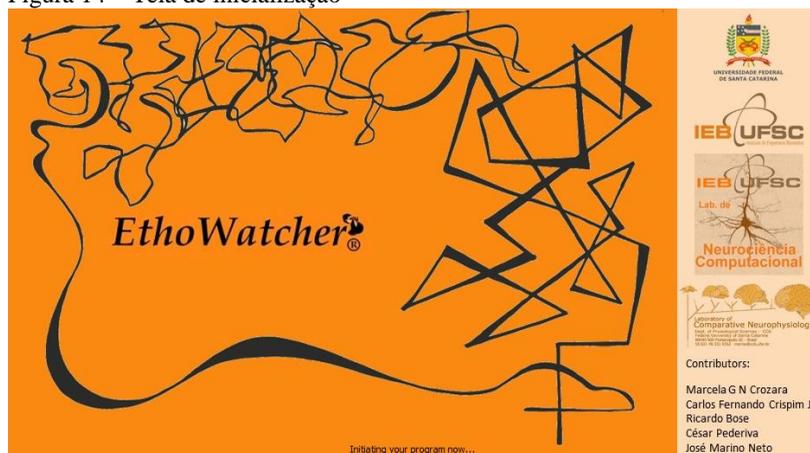
### 4.1 DESENVOLVIMENTO DO *SOFTWARE*

As cinco etapas de navegação do ETHOWATCHER®, descritas na Sessão 3.2, estão associadas à quatro interfaces gráficas que compõe a parte interativa do sistema com o usuário, que são: ethowatcher.ui, novocatalogo.ui, calibração.ui e etografia.ui. A seguir, serão apresentados os resultados do desenvolvimento das cinco etapas do *software*, a partir das interfaces criadas.

#### 4.1.1 Ajuste dos parâmetros da análise

Ao executar o *software*, é aberta uma tela de inicialização do sistema (Figura 14) enquanto são carregados os arquivos do sistema.

Figura 14 – Tela de inicialização



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Após a tela inicial, é carregada a primeira interface do sistema, gerada pelo arquivo de objetos gráficos “ethowatcher. ui” (Figura 15). Nessa interface, ocorre a primeira etapa de ajuste dos parâmetros da análise.

Figura 15 – Interface “ethowatcher” – Sessão de Identificação

The screenshot shows the EthoWatcher 2.0 application window. At the top, there is a header with the IEB UFSC logo and the text 'EthoWatcher'. Below this is a 'System Information' tab. The main area is titled 'Session Identification' and contains several input fields: 'Experiment:', 'Date (mm/dd/yyyy):', 'Laboratory:', 'Observer ID:', 'Animal ID:', 'Weight:', 'Sex:' (with a dropdown menu set to 'Male'), 'Treatment/Condition:', and 'Other Information:'. Below the form are two buttons with left and right arrows. At the bottom, there is a 'Tutor' section with a text box containing instructions: 'Insert information to identify the analysis session. These data will appear in output spreadsheets.' To the right of the Tutor section is a 'Steps' section. Red arrows with numbers 1 through 5 point to specific elements: 1 points to the Session Identification form, 2 points to the Tutor text box, 3 points to the Steps section, 4 points to the System Information tab, and 5 points to the navigation buttons.

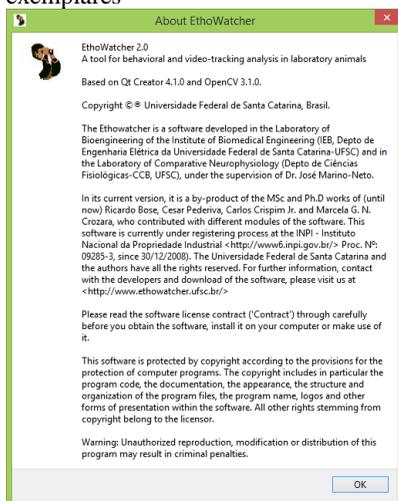
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Essa interface apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 15):

1. Sessão de identificação – Nessa tela está carregada a aba “Sessão de identificação”, onde o usuário deve inserir nos campos de texto as informações: nome do experimento, data, laboratório, identificação do observador, identificação do animal, peso do animal, sexo do animal, tratamento ou condições que foi realizado o experimento e outras informações que julgar necessárias.
2. Tutor – Nessa tela é apresentado ao usuário o tutorial, que é uma ferramenta de texto interativa que indica o que o usuário deve fazer no momento atual de navegação pelo *software*.

3. Passos – Nessa tela, é apresentada ao usuário os passos que ele deve executar antes de iniciar a etapa de análise. Como neste momento da navegação ainda não foi determinado o tipo de análise, nem a sequência de passos a serem realizados, a tela não mostra nenhum conteúdo.
4. Informações do sistema – Caso o usuário clique no menu de informações do sistema, será apresentado duas opções de botão: “Sobre” e “Termos de Licença”. Ao clicar no primeiro botão, é aberto uma caixa de diálogo com as informações do sistema, conforme Figura 16. Ao clicar no segundo botão, é aberto uma caixa de diálogo com os termos de licença sobre o uso desse *software*, conforme Figura 16.

Figura 16 – Caixas de diálogo “Sobre” e “Termos de Licença” com textos exemplares



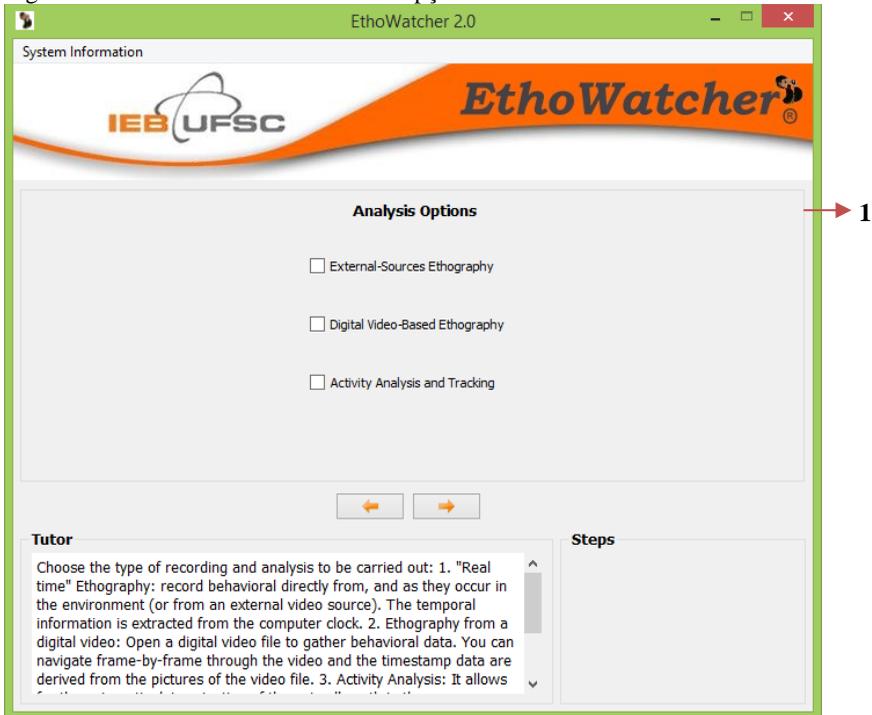
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

5. Botões “Avançar” e “Voltar” – Esses são os botões de navegação da tela principal dessa interface. Ao inicializar o *software*, a tela principal é carregada com a aba “Sessão de identificação” (item 1), porém ao clicar nos botões “Avançar” ou “Voltar”, novas abas são carregadas nessa

tela principal. Sendo assim, existem abas referentes a todas as etapas do *software*, desde o ajuste de parâmetros até a emissão de relatórios, e esses dois botões permitem que o usuário navegue por elas. A sequência de abas é atualizada quando o usuário seleciona a análise que será realizada.

Ao clicar no botão “Avançar” a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a seleção do tipo de análise a ser realizada (Figura 17). Com isso, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 17):

Figura 17 – Interface “ethowatcher” – Opções de análise



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

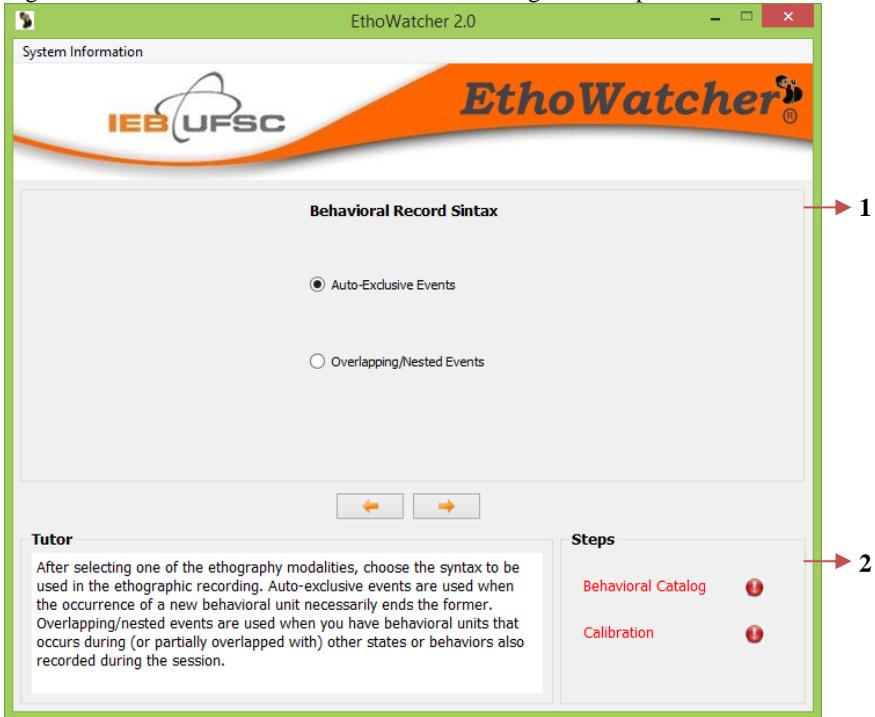
1. Opções de análise – Nessa tela está carregada a aba “Opções de análise”, onde o usuário deve selecionar os tipos de análise que serão realizadas. Caso o usuário clique

na primeira opção, “Etografia baseada em fontes externas”, as demais opções são desabilitadas, uma vez que são baseadas em vídeo. Caso o usuário desmarque a primeira opção, as demais são reabilitadas. Isso não ocorre caso o usuário marque a segunda ou terceira opção, “Etografia baseada em vídeo” e “Rastreamento do animal”, pois elas podem ser realizadas simultaneamente. Logo é possível marcar somente uma das três opções, ou então a segunda e a terceira opção.

A partir da seleção do tipo de análise, o evento de clicar no botão “Avançar” pode levar ao carregamento de diferentes abas na tela principal da interface “ethowatcher.ui”. Como citado anteriormente, a sequência de abas que serão carregadas dependerá do tipo de análise selecionada.

Supondo que o usuário tenha selecionado “Etografia baseada em vídeo” e também “Rastreamento”, a sequência de abas gerada contempla todas as opções possíveis. Logo, realizando essa seleção e clicando no botão “Avançar” a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a seleção do tipo de registro etográfico (Figura 18).

Figura 18 – Interface “ethowatcher” – Sintaxe de registro comportamental



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Com isso, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 18):

1. Sintaxe de registro comportamental – Nessa tela está carregada a aba “Sintaxe de registro comportamental”, onde o usuário deve selecionar o tipo de registro de eventos etográficos: auto exclusivos ou sobrepostos. Essa tela de navegação estará presente sempre que foi selecionada uma das etografias no escopo da análise.
2. Passos – Neste momento da navegação é possível observar na tela “Passos” a sequência de passos que devem ser realizados antes da execução da análise. Os passos ainda não foram finalizados são apresentados na

cor vermelha, enquanto que os passos já finalizados são apresentados na cor verde.

Ao clicar no botão “Avançar” a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a seleção do catálogo comportamental (Figura 19). A partir desse momento, ocorre a segunda etapa de funcionamento do *software*.

#### 4.1.2 Seleção ou criação do catálogo comportamental

Ao carregar a aba referente a seleção do catálogo na tela principal da interface “ethowatcher”, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 19):

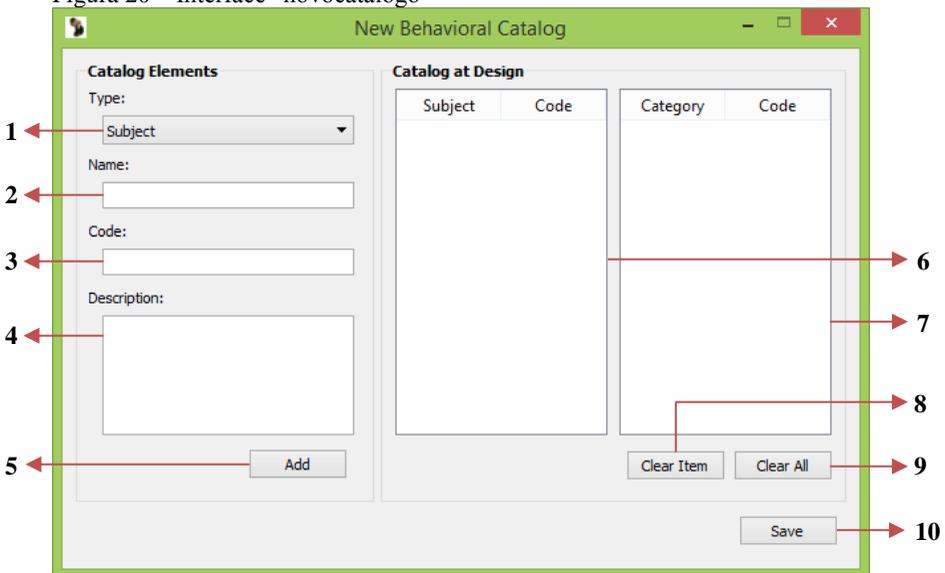
Figura 19 – Interface “ethowatcher” – Catálogo comportamental



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Catálogo comportamental – Nessa tela está carregada a aba “Catálogo comportamental”, onde o usuário deve criar um novo catálogo etográfico ou abrir um catálogo já existente. Essa tela de navegação estará presente sempre que foi selecionada uma das etografias no escopo da análise.
2. Botão “Novo” – Ao clicar nesse botão, é aberta uma segunda interface: a “novocatalogo.ui” (Figura 20). Nessa interface, o usuário pode criar um novo catálogo comportamental.
3. Botão “Abrir” – Ao clicar nesse botão, uma caixa de diálogo com acesso ao disco local do computador do usuário é aberta, para que o usuário selecione um arquivo. Só é possível abrir arquivos do tipo CTA.
4. Etiqueta do catálogo comportamental – Esse campo de texto apresenta o endereço do arquivo CTA selecionado ou criado.

Figura 20 – Interface “novocatalogo”



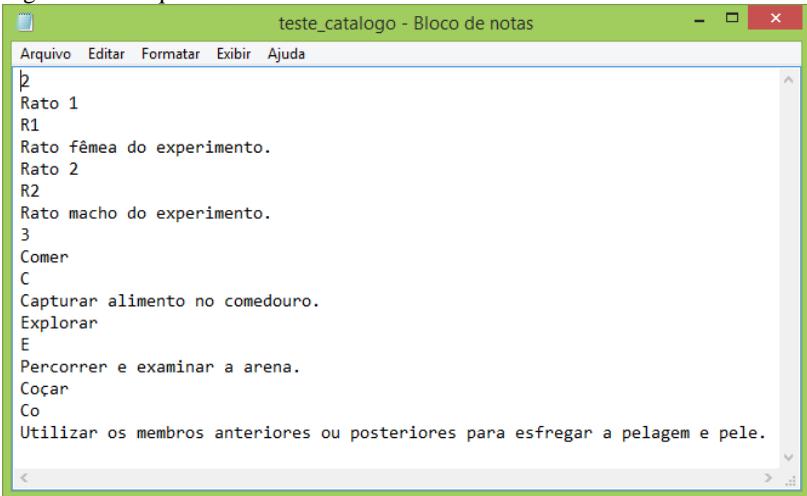
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao abrir a interface “novocatalogo” (Figura 20) são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 20):

1. Botão “Tipo” – Ao clicar nesse botão de seleção, é apresentado duas opções para o usuário: sujeito e categoria. A opção selecionada corresponderá ao tipo de elemento que será criado no catálogo.
2. Campo “Nome” – Nesse campo, o usuário deve inserir o nome do elemento do catálogo que será criado. Se o elemento for do tipo sujeito, por exemplo: “Rato 1”, “Rato 2”, “Pombo”, etc. Se o elemento for do tipo categoria, por exemplo: “Comer”, “Explorar”, “Coçar”, etc. O preenchimento desse campo, para criar um novo elemento, é obrigatório.
3. Campo “Código” – Nesse campo, o usuário deve inserir o código correspondente ao elemento que será criado. Só é possível criar um código de no máximo três caracteres, pois esse código corresponderá ao atalho do sujeito ou categoria para realizar a etografia. O preenchimento desse campo também é obrigatório para a criação de um novo elemento do catálogo.
4. Campo “Descrição” – Nesse campo, o usuário deve inserir uma breve descrição do elemento que será criado. Essa descrição corresponderá à descrição do botão referente ao elemento do catálogo na realização da etografia. O preenchimento desse campo é facultativo para a criação de um novo elemento.
5. Botão “Adicionar” – Ao clicar nesse botão, o usuário cria um novo elemento do catálogo. Feito isso, é criada uma nova linha nas tabelas “Sujeito” ou “Categoria”, conforme o tipo selecionado para o elemento, com as informações de nome e código do elemento. A criação do elemento somente será finalizada se os campos “Nome” e “Código” estiverem preenchidos.

6. Tabela “Sujeito” – Nessa tabela, são apresentados os sujeitos criados para o novo catálogo. Cada linha corresponde a um sujeito, sendo a primeira coluna referente ao nome desse sujeito e a segunda referente ao seu código.
7. Tabela “Categoria” – Nessa tabela, são apresentadas as categorias criadas para o novo catálogo. Cada linha corresponde a uma categoria, sendo a primeira coluna referente ao nome dessa categoria e a segunda referente ao seu código.
8. Botão “Apagar item” – Ao clicar nesse botão, é apagado o item, correspondente a um sujeito ou categoria, selecionado em uma das tabelas. Logo, o elemento correspondente a esse item é excluído do catálogo. Para selecionar um item, deve-se clicar sobre uma das linhas das tabelas “Sujeito” ou “Categoria”.
9. Botão “Apagar tudo” – Ao clicar nesse botão, todas as linhas das duas tabelas “Sujeito” e “Categoria” são apagadas. Logo, todos os elementos criados no catálogo serão excluídos.
10. Botão “Salvar” – Ao clicar nesse botão, uma caixa de diálogo com acesso ao disco local do computador do usuário é aberta, para que o usuário salve o catálogo. Este será salvo no formato de arquivo CTA (Figura 21).

Figura 21 – Arquivo CTA



```

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
|
Rato 1
R1
Rato fêmea do experimento.
Rato 2
R2
Rato macho do experimento.
3
Comer
C
Capturar alimento no comedouro.
Explorar
E
Percorrer e examinar a arena.
Coçar
Co
Utilizar os membros anteriores ou posteriores para esfregar a pelagem e pele.

```

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao criar um catálogo comportamental, é gerado um arquivo CTA semelhante à Figura 21. Esse tipo de arquivo desenvolvido tem um padrão para salvar os dados do catálogo. Na primeira linha do arquivo é apresentado a quantidade de sujeitos existentes no catálogo. No exemplo da Figura 21, existem um total de dois sujeitos. A partir da segunda linha, são apresentados consecutivamente o nome, código e descrição de cada um dos sujeitos, sendo um dado por linha do arquivo. Pela Figura 21, é possível observar esse padrão, na qual primeiramente foram descritos os dados do primeiro sujeito (nome: “Rato 1”; código: “R1”; descrição: “Rato fêmea do experimento.”) e depois, os dados do segundo (nome: “Rato 2”; código: “R2”; descrição: “Rato macho do experimento.”).

Na linha logo após o último dado do último sujeito, é apresentado a quantidade de categorias existentes no catálogo. No exemplo da Figura 21, existem um total de 3 categorias. A partir da próxima linha, são apresentados consecutivamente o nome, código e descrição de cada uma das categorias, sendo um dado por linha do arquivo. Pela Figura 21, também é possível observar esse padrão, na qual primeiramente foram descritos os dados da primeira categoria (nome: “Comer”; código: “C”; descrição: “Capturar alimento do comedouro.”) e depois, os dados da segunda (nome: “Explorar”; código: “E”; descrição: “Percorrer e examinar a arena.”) e terceira categoria (nome: “Coçar”; código: “Co”; descrição: “Utilizar os membros anteriores ou posteriores para esfregar a pelagem e pele.”).

Após salvar o catálogo, a interface “novocatalogo” (Figura 20) é fechada, retornando à interface principal “ethowatcher” (Figura 19).

Clicando no botão “Avançar” da Figura 19, a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a calibração (Figura 22). A partir desse momento, ocorre a terceira etapa de funcionamento do *software*.

### 4.1.3 Calibração dos procedimentos de rastreamento

Ao carregar a aba referente a calibração na tela principal da interface “ethowatcher”, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 22):

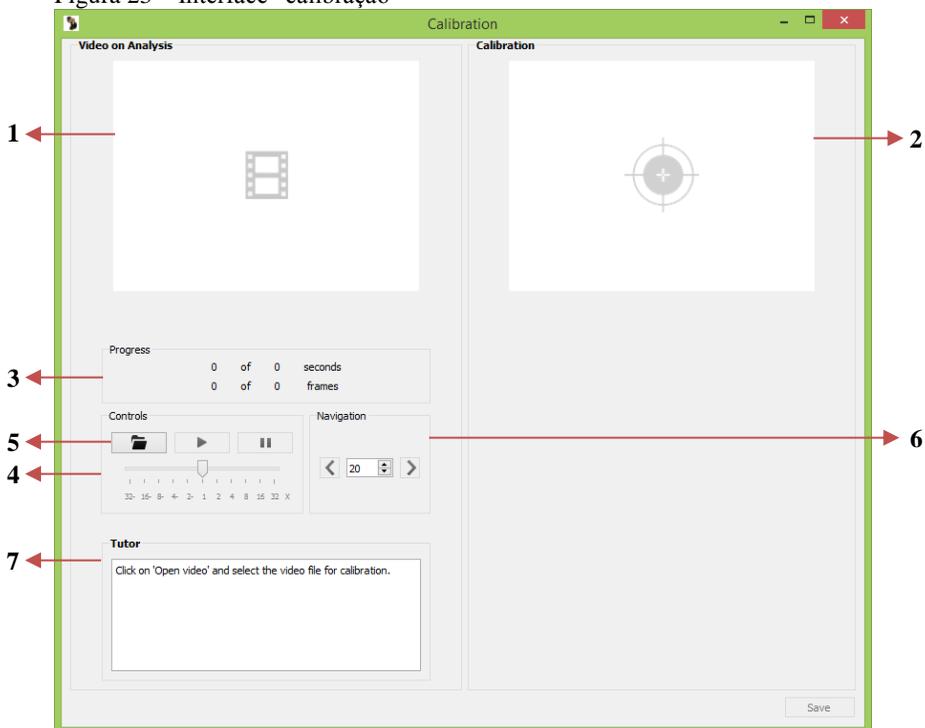
Figura 22 – Interface “ethowatcher” – Calibração



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Calibração – Nessa tela, está carregada a aba “Calibração”, onde o usuário deve calibrar os procedimentos de rastreamento. Essa tela de navegação estará presente sempre que foi selecionado o rastreamento no escopo da análise.
2. Botão “Calibração” – Ao clicar nesse botão, é aberta uma terceira interface: a “calibracao.ui” (Figura 23). Nessa interface, o usuário pode calibrar todos os procedimentos necessários para o rastreamento.
3. Etiqueta da calibração – Esse campo de texto apresenta o endereço do arquivo de vídeo calibrado.
4. Passos – Neste momento da navegação, é possível observar na tela “Passos” que, da sequência de passos a serem realizados antes da execução da análise, a seleção de um catálogo comportamental já foi realizada, enquanto que a calibração ainda não foi realizada.

Figura 23 – Interface “calibração”



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

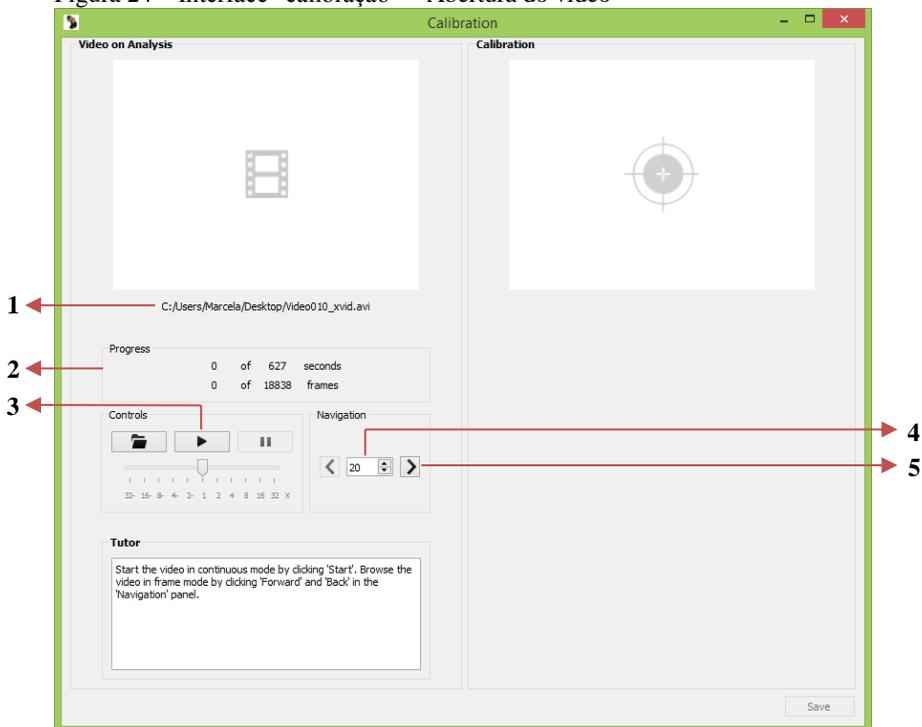
Ao abrir a interface “calibracao” (Figura 23) são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 23):

1. Painel do vídeo original – Nesse painel, é carregado o vídeo a ser calibrado. Ao carregar a interface “calibracao”, esse painel inicializa vazio.
2. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é carregado o resultado da calibração. Ao carregar a interface “calibracao”, esse painel inicializa vazio.
3. Progresso – Nessa tela, é apresentado o progresso de execução do vídeo, ou seja, o tamanho total do vídeo em frames e tempo (segundos), e o valor atual de execução do

vídeo, também em frames e tempo. Ao carregar a interface “calibração”, essa tela inicializa com os valores zerados.

4. Controles – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas de controle de execução do vídeo: os botões “Abrir vídeo”, “Iniciar” e “Pausar” e o controle de velocidade. Ao carregar a interface, apenas o botão “Abrir vídeo” é acessível ao usuário.
5. Botão “Abrir vídeo” – Ao clicar nesse botão, uma caixa de diálogo com acesso ao disco local do computador do usuário é aberta, para que o usuário selecione um arquivo de vídeo. É possível abrir arquivos do tipo: AVI, MP4, MPEG, MPG, WMV, FLV, MKV E DIVX. Ao abrir um vídeo por essa caixa de diálogo, o mesmo é carregado conforme mostra a Figura 24.
6. Navegação – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas de navegação frame a frame do vídeo: os botões “Avançar” e “Voltar” e a caixa de seleção de frames. Ao carregar a interface, nenhum dos dois botões são acessíveis ao usuário.
7. Tutor – Nessa tela é apresentado ao usuário o tutorial, assim como ocorre na primeira interface.

Figura 24 – Interface “calibração” – Abertura do vídeo



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

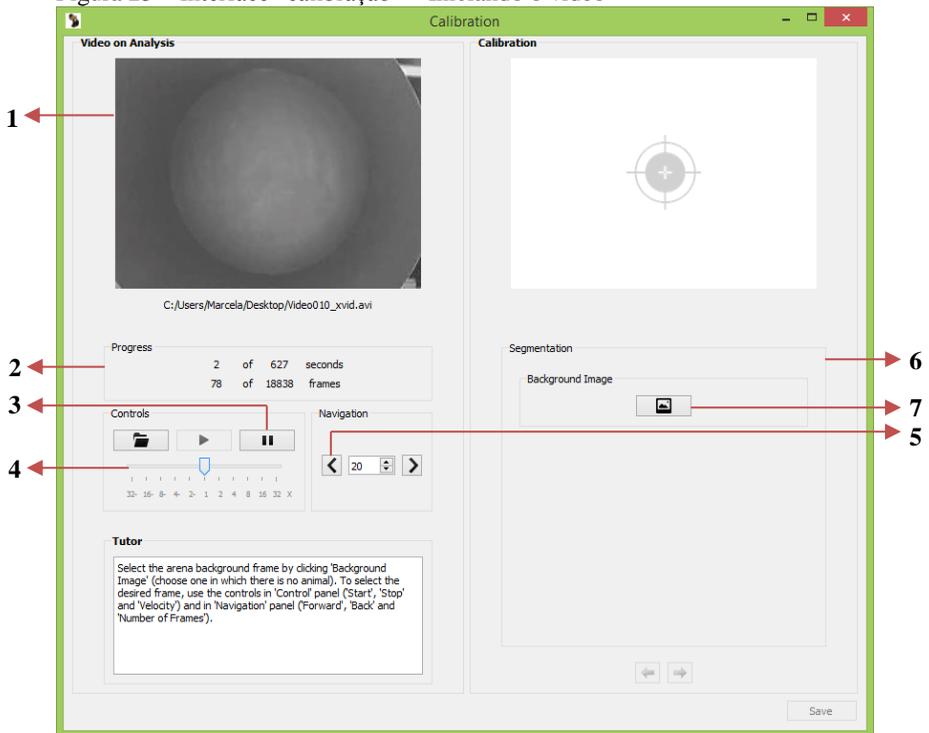
Ao abrir um arquivo de vídeo, a interface “calibração” (Figura 24) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 24):

1. Etiqueta do vídeo – Esse campo de texto apresenta o endereço do arquivo de vídeo aberto.
2. Progresso – Nessa tela, é possível observar que os valores do tamanho total do vídeo em frames e tempo são atualizados, enquanto que os valores atuais de execução do vídeo ainda permanecem zerados.
3. Botão “Iniciar” – Ao clicar nesse botão, o vídeo aberto é iniciado e carregado de forma contínua no painel do vídeo original (Figura 25). Esse botão é habilitado nas seguintes

situações: sempre que é aberto um novo vídeo, quando o usuário clica no botão “Pausar” e quando o usuário está navegando pelo vídeo frame a frame através dos botões “Avançar” e “Voltar”.

4. Caixa de seleção de frames – Nesse campo, o usuário seleciona a quantidade de frames para a navegação frame a frame do vídeo.
5. Botão “Avançar” – Ao clicar nesse botão, o vídeo é avançado, segundo o valor apresentado na caixa de seleção de frames, e carregado de forma estática no painel do vídeo original (Figura 25). Esse botão permanece habilitado até a execução do último frame do vídeo.

Figura 25 – Interface “calibração” – Iniciando o vídeo

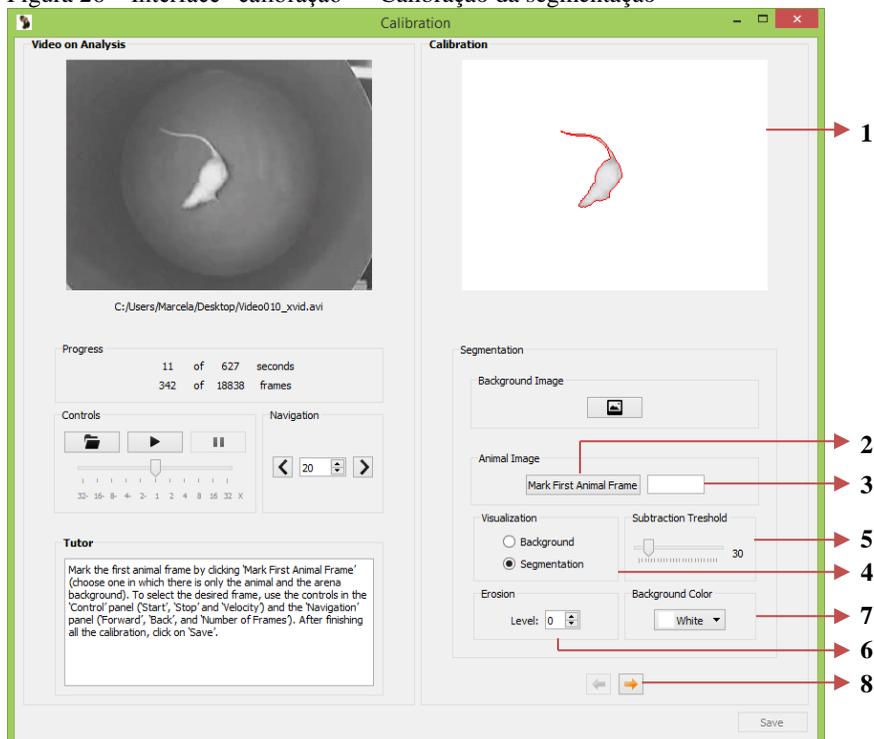


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao iniciar o vídeo, seja pelo modo contínuo (botão “Iniciar”) ou pela navegação frame a frame (botão “Avançar”), a interface “calibração” (Figura 25) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 25):

1. Painel do vídeo original – Nesse painel, é possível observar o vídeo carregado em execução.
2. Progresso – Nessa tela, é possível observar que os valores do tamanho os valores atuais de execução do vídeo foram atualizados.
3. Botão “Pausar” – Ao clicar nesse botão, o vídeo aberto é pausado, sendo que o painel do vídeo original é carregado com o frame em que o vídeo foi parado. Esse botão é habilitado quando o usuário clica no botão “Iniciar”.
4. Controle de velocidade – Ao arrastar esse controle, o usuário muda a velocidade de execução do vídeo, sendo que um arraste para a direita acelera proporcionalmente o vídeo e um arraste para a esquerda desacelera proporcionalmente o vídeo.
5. Botão “Voltar” – Ao clicar nesse botão, o vídeo é retrocede, segundo o valor apresentado na caixa de seleção de frames, e carregado de forma estática no painel do vídeo original. Esse botão permanece habilitado desde que execução do não seja o seu primeiro frame.
6. Segmentação – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas de calibração da segmentação.
7. Botão “Imagem de fundo” – Ao clicar nesse botão, o frame atual apresentado no painel do vídeo original é capturado e armazenado como o frame do fundo da arena. Com isso as demais ferramentas de calibração da segmentação tornam-se acessíveis (Figura 26). O usuário deve clicar desse botão apenas quando estiver visualizando uma imagem do fundo da arena, sem o animal, no painel do vídeo original.

Figura 26 – Interface “calibração” – Calibração da segmentação



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao selecionar a imagem de fundo da arena, a interface “calibração” (Figura 26) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 26):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível observar o resultado da segmentação do frame atual, apresentado no painel de vídeo atual, pelo frame capturado como plano de fundo.
2. Botão “Marcar primeiro frame do animal” – Ao clicar nesse botão, o valor do frame atual apresentado no painel do vídeo original é capturado e armazenado como o primeiro frame em que aparece o animal. Com isso, o valor selecionado é apresentado no campo “Primeiro frame animal”. O usuário deve clicar desse botão apenas

quando estiver visualizando uma imagem da primeira aparição do animal na arena, sem nenhum outro objeto em movimento, no painel do vídeo original.

3. Campo “Primeiro frame animal” – Nesse campo, é apresentado o valor do frame correspondente ao primeiro frame do animal, capturado pelo botão “Marcar primeiro frame do animal”.
4. Visualização – Nessa tela, é apresentado duas opções de visualização para o usuário: “Fundo de tela” e “Segmentação”. Caso seja selecionada a primeira opção, é apresentado, no painel do vídeo calibrado, o frame correspondente ao fundo da arena. Caso seja selecionada a segunda opção, é apresentado, no painel do vídeo calibrado, o resultado da segmentação do frame atual.
5. Controle de seleção “Limiar de subtração” – Ao arrastar esse controle, o usuário seleciona o limiar de subtração utilizado no cálculo da segmentação. Com isso, o painel do vídeo calibrado é atualizado com o resultado da segmentação obtido a partir do novo valor do limiar. É possível observar o resultado da segmentação obtido a partir de diferentes limiares de subtração na Figura 27, sendo a primeira imagem correspondente a um baixo valor de limiar, enquanto que a segunda se refere a um valor intermediário e adequado e a terceira, a um valor muito alto.

Figura 27 – Calibração da segmentação – Limiar de subtração

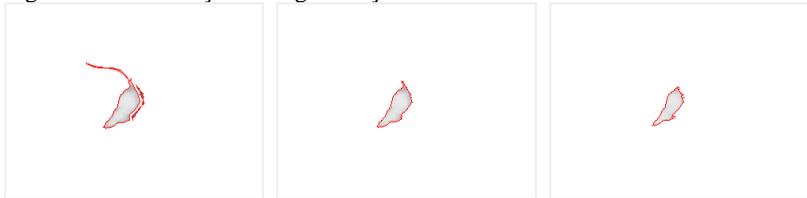


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

6. Caixa de seleção “Erosão” – Nesse campo, o usuário seleciona o nível de erosão utilizado no cálculo da segmentação. Com isso, o painel do vídeo calibrado é

atualizado com o resultado da segmentação obtido a partir do novo valor de erosão. É possível observar o resultado da segmentação obtido a partir de diferentes níveis de erosão na Figura 28, sendo a primeira imagem correspondente a um baixo nível de erosão, enquanto que a segunda se refere a um valor intermediário e adequado e a terceira, a um valor muito alto.

Figura 28 – Calibração da segmentação – Erosão



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

7. Caixa de seleção “Cor do plano de fundo” – Nesse campo, o usuário seleciona a cor do plano de fundo do resultado da segmentação, podendo ser branca ou preta. Com isso, o painel do vídeo calibrado é atualizado com a cor selecionada (Figura 29).

Figura 29 – Calibração da segmentação – Cor do plano de fundo

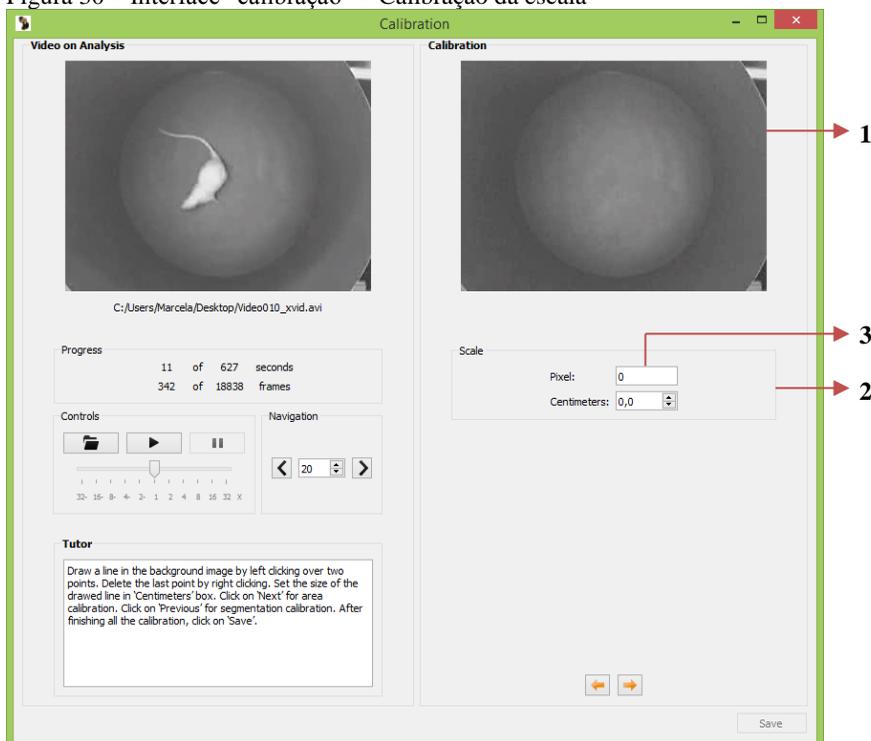


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

8. Botão “Avançar” – Esse é um dos botões de navegação da tela de calibração dessa interface. Ao clicar no botão “Avançar”, é carregado a tela de calibração da escala (Figura 30).

Para selecionar os parâmetros da segmentação (limiar de subtração e erosão), o usuário pode navegar pelo vídeo, através das ferramentas de controle e navegação, para visualizar segmentação durante todo o vídeo. Assim, faz-se o ajuste dos parâmetros conforme seja mais adequado para a maioria dos frames do vídeo.

Figura 30 – Interface “calibração” – Calibração da escala



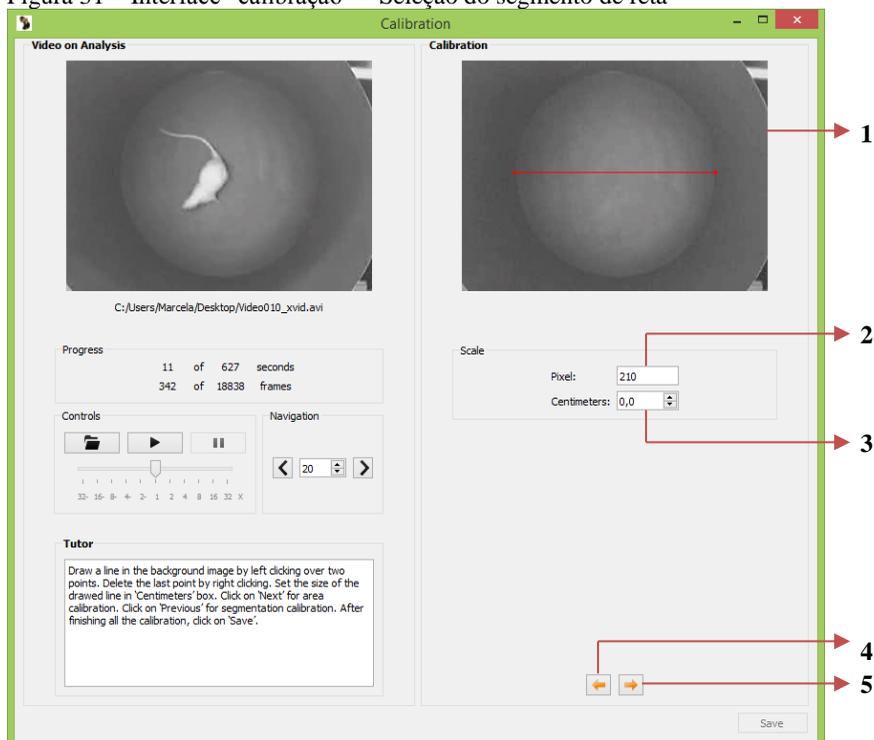
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao carregar a tela de calibração da escala, a interface “calibração” (Figura 30) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 30):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é apresentado o frame correspondente ao fundo da arena, capturado anteriormente.

2. Escala – Nessa tela, são apresentados os parâmetros para a calibração da escala.
3. Campo “Pixels” – Nesse campo, é apresentado o comprimento em pixels do segmento de reta desenhado no frame do fundo da arena. Para desenhar o segmento, o usuário deve selecionar o ponto inicial e o ponto final do segmento clicando sobre o painel do vídeo calibrado (Figura 31). Ao carregar a tela de calibração da escala, esse campo inicializa zerado.

Figura 31 – Interface “calibração” – Seleção do segmento de reta

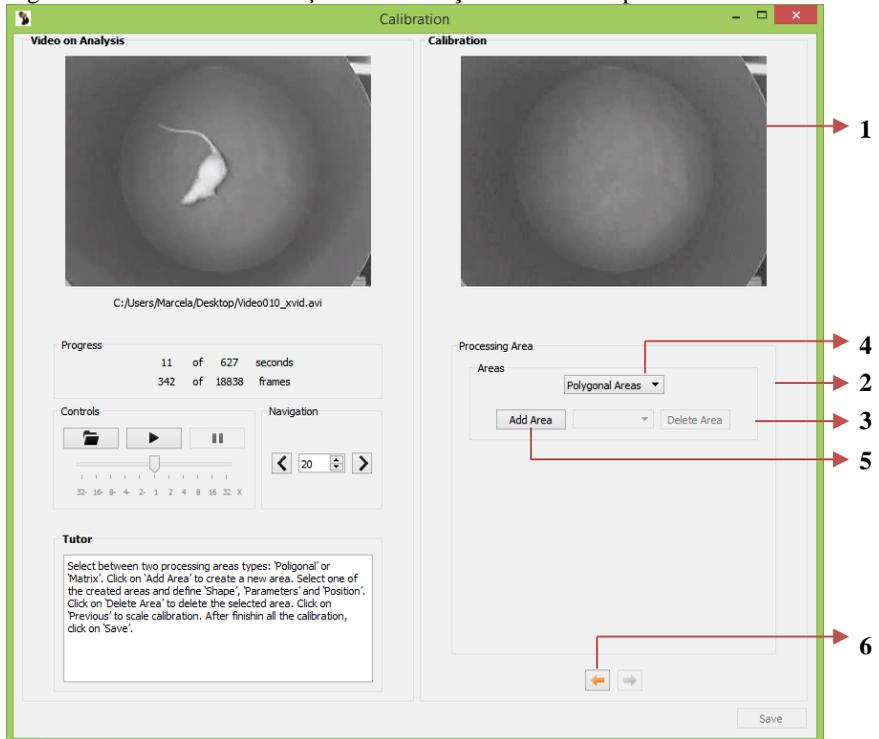


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao desenhar o segmento de reta de calibração da escala, a interface “calibração” (Figura 31) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 31):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar o segmento de reta desenhado, com a marcação do ponto inicial e do ponto final.
2. Campo “Pixels” – Nesse campo, é possível observar que o valor do comprimento do segmento foi atualizado.
3. Caixa de seleção “Centímetros” – Nesse campo, o usuário seleciona o valor, em centímetros, correspondente ao segmento de reta desenhado.
4. Botão “Voltar” – Esse é o segundo botão de navegação da tela de calibração dessa interface. Ao clicar no botão “Voltar”, é carregado a tela de calibração da segmentação (Figura 26).
5. Botão “Avançar” – Ao clicar nesse botão, é carregado a tela de calibração das áreas (Figura 32).

Figura 32 – Interface “calibração” – Calibração das áreas de processamento



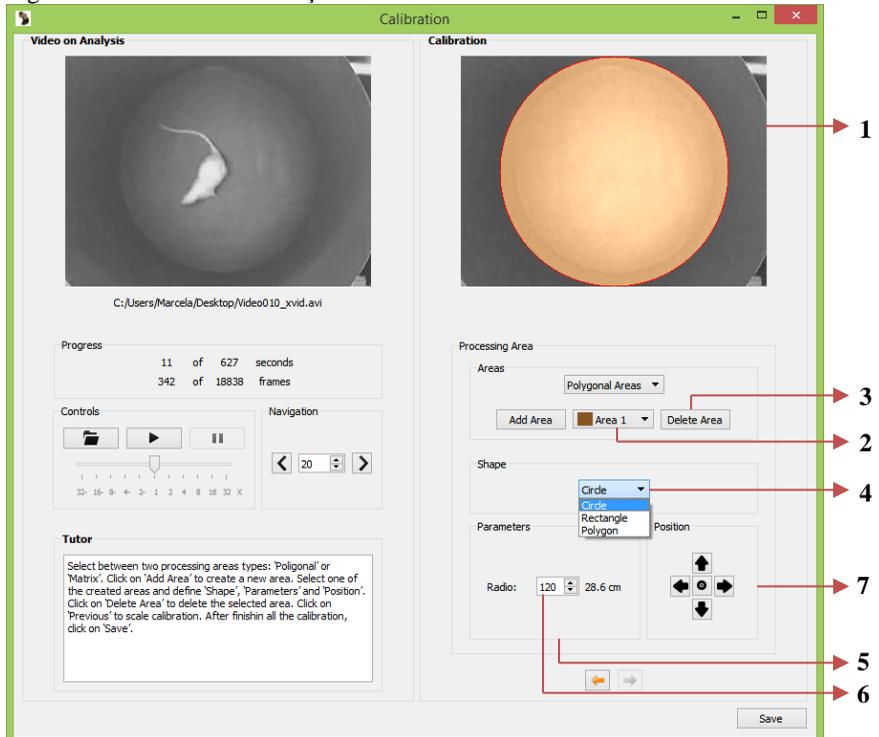
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao carregar a tela de calibração das áreas, a interface “calibração” (Figura 32) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 32):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é apresentado o frame correspondente ao fundo da arena, capturado anteriormente.
2. Áreas de processamento – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas de calibração das áreas de processamento.
3. Áreas – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas iniciais para criar uma ou múltiplas áreas de processamento.

4. Caixa de seleção do tipo das áreas – Nesse campo, o usuário seleciona o tipo das áreas de processamento, dentre as opções: áreas poligonais e áreas matriciais. As demais ferramentas da tela “Áreas” dependerão do tipo de área selecionado nesse campo. Ao carregar a tela de calibração das áreas, esse campo é inicializado com a opção de áreas poligonais.
5. Botão “Adicionar área” – Ao clicar nesse botão, o usuário cria uma nova área poligonal. Com isso, é desenhado a nova área sobre o frame correspondente ao plano de fundo da arena e as ferramentas de definição da morfologia das áreas são habilitadas (Figura 33).
6. Botão “Voltar” – Ao clicar no botão “Voltar”, é carregado a tela de calibração da escala (Figura 31).

Figura 33 – Interface “calibração” – Adicionando área circular



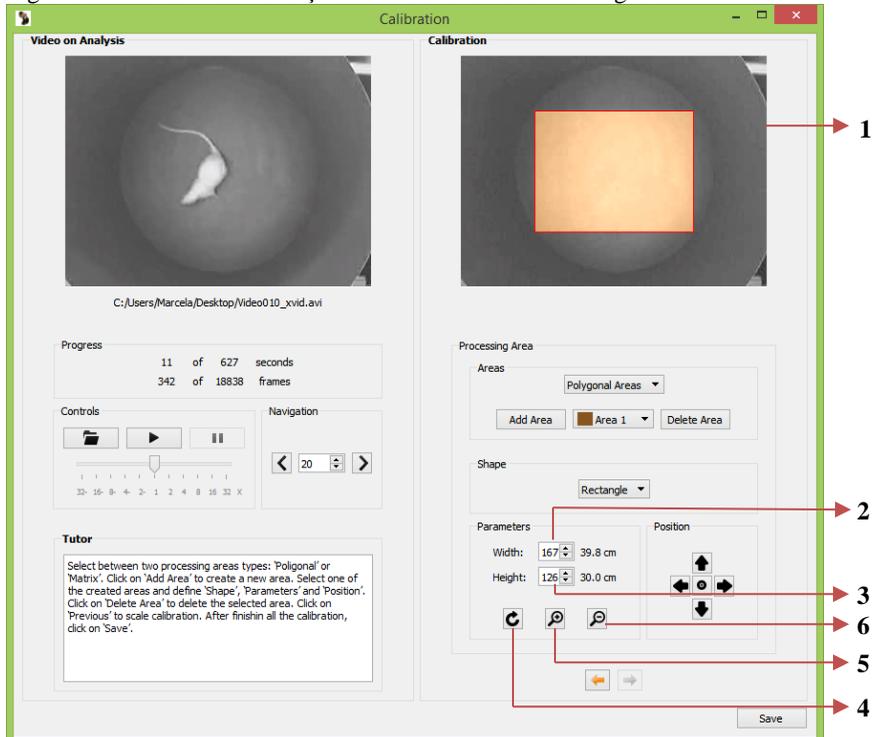
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao criar uma nova área de processamento, a interface “calibração” (Figura 33) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 33):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar a o desenho da área criada de acordo com os parâmetros selecionados para a sua morfologia (forma, tamanho e posição).
2. Caixa de seleção “Áreas” – Nesse campo, é apresentado as áreas de processamento que já foram criadas e estão desenhadas no painel do vídeo calibrado.

3. Botão “Excluir área” – Ao clicar nesse botão, a área selecionada na caixa de seleção “Áreas” é excluída e apagada do painel do vídeo calibrado. Esse botão é habilitado enquanto houverem áreas desenhadas no painel do vídeo calibrado.
4. Caixa de seleção “Forma” – Nesse campo, o usuário define a forma da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”, sendo as opções: circular, retangular e irregular. Ao criar uma nova área, esse campo é inicializado com a opção de área circular. Clicando em uma das outras opções, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado para formato retangular (Figura 34) ou formato irregular (Figura 35).
5. Parâmetros - Nessa tela, são apresentadas as ferramentas para definir os parâmetros de tamanho da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”. Para cada forma de área, existem um conjunto de ferramentas adequadas.
6. Caixa de seleção “Raio” – Nesse campo, o usuário seleciona o tamanho do raio da circunferência da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”. Ao definir o valor, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado.
7. Posição – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas para definir a posição da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”, são elas: botões “Direita”, “Esquerda”, “Para cima”, “Para baixo” e “Centralizar”. Ao clicar nesses botões, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é deslocado para a direção indicada.

Figura 34 – Interface “calibração” – Adicionando área retangular



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

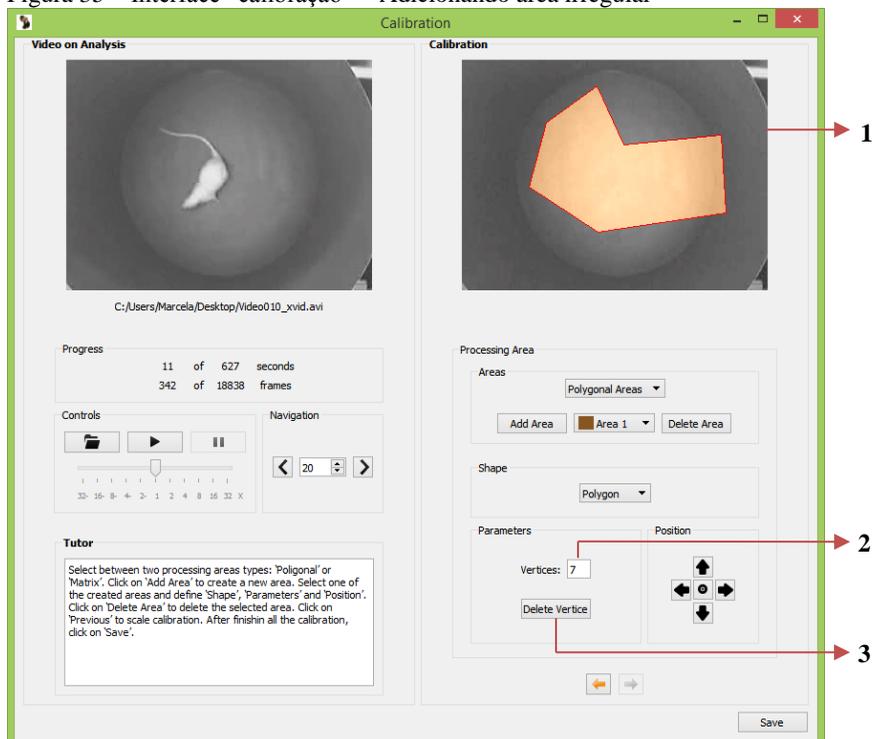
Ao selecionar o formato retangular para a área de processamento, a interface “calibração” (Figura 34) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 34):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar o desenho da área selecionada na caixa de “Áreas” atualizado para a forma retangular.
2. Caixa de seleção “Largura” – Nesse campo, o usuário seleciona o tamanho da largura do retângulo da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”. Ao definir o valor, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado.

3. Caixa de seleção “Altura” – Nesse campo, o usuário seleciona o tamanho da altura do retângulo da área selecionada na caixa de seleção “Áreas”. Ao definir o valor, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado.
4. Botão “Girar” – Ao clicar nesse botão, o desenho da área no painel do vídeo calibrado sofre uma rotação, ou seja, os valores de largura e de altura do retângulo são invertidos.
5. Botão “Zoom In” – Ao clicar nesse botão, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é aumentado, ou seja, os valores de largura e de altura são acrescidos na mesma proporção.
6. Botão “Zoom Out” – Ao clicar nesse botão, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é diminuído, ou seja, os valores de largura e de altura são decrescidos na mesma proporção.

Ao selecionar o formato irregular para a área de processamento, a interface “calibração” (Figura 35) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 35):

Figura 35 – Interface “calibração” – Adicionando área irregular



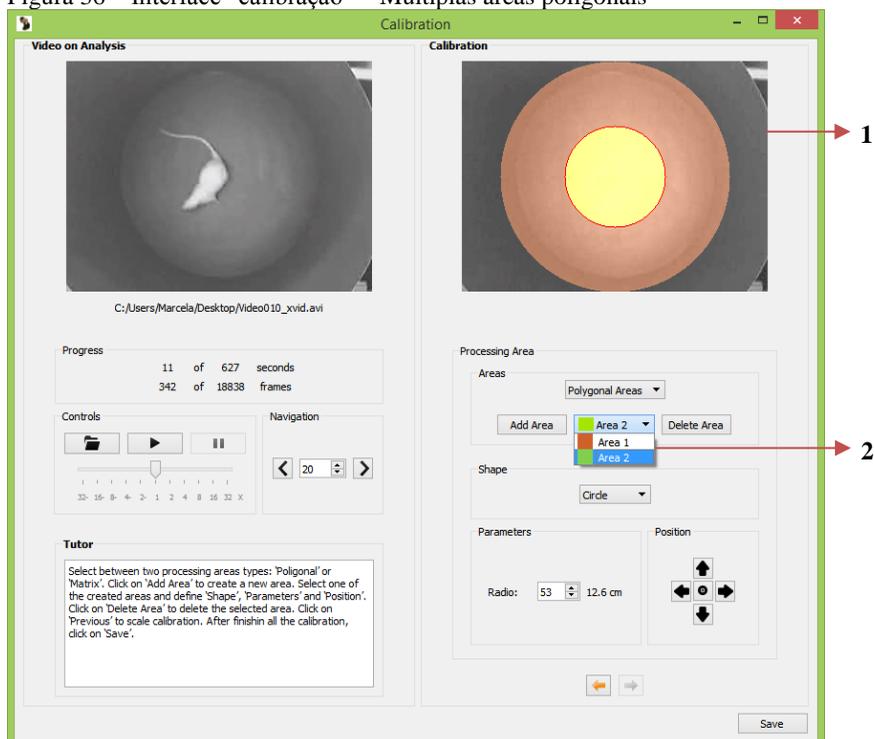
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar o desenho da área selecionada na caixa de seleção “Áreas” atualizado para a forma irregular. Para desenhar esse tipo de forma, o usuário deve definir os vértices do polígono clicando com o botão esquerdo do mouse sobre esse painel. É possível excluir o último vértice, clicando com botão direito do mouse sobre esse painel.
2. Campo “Vértices” – Nesse campo, é apresentado a quantidade de vértices que foram definidos para desenhar a área irregular selecionada na caixa de seleção “Áreas”.

3. Botão “Excluir vértice” – Ao clicar nesse botão, o último vértice do polígono desenhado no painel de vídeo calibrado é apagado.

Se o usuário clicar novamente no botão “Adicionar área”, uma nova área é desenhada no painel do vídeo calibrado, possibilitando a calibração com múltiplas áreas (Figura 36).

Figura 36 – Interface “calibração” – Múltiplas áreas poligonais



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

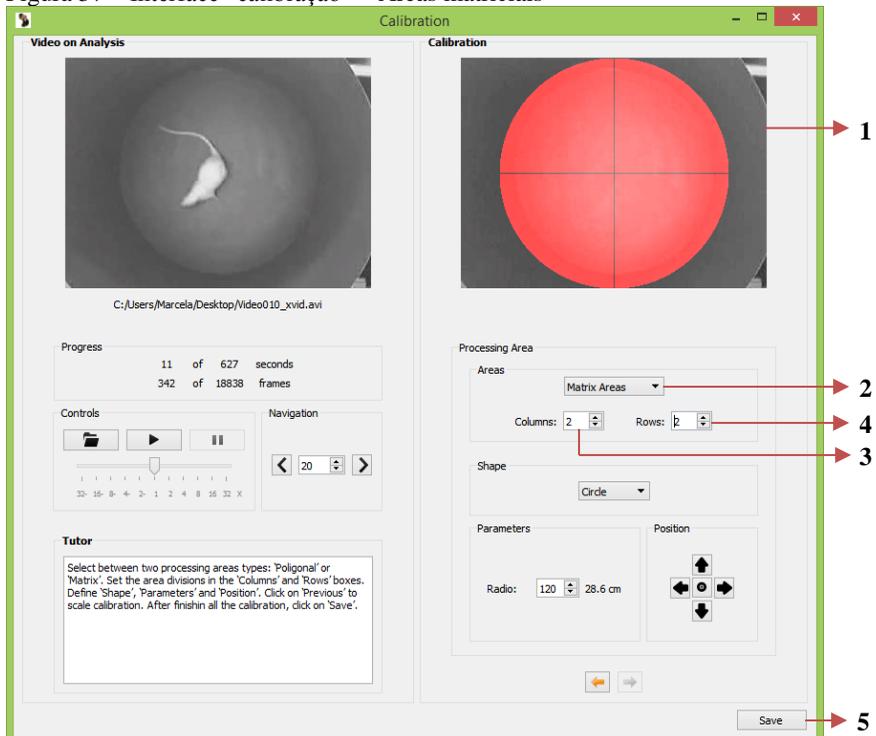
Com isso, a interface “calibração” apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 36):

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar o desenho de duas áreas calibradas simultaneamente.

2. Caixa de seleção “Áreas” – Nesse campo, é apresentado as duas áreas de processamento foram criadas e estão desenhadas no painel do vídeo calibrado. Ao selecionar uma das áreas, as demais ferramentas de formato, tamanho e posição, são atualizadas para os valores correspondentes a essa área.

Caso o usuário selecione o tipo áreas matriciais, a interface “calibração” (Figura 37) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 37):

Figura 37 – Interface “calibração” – Áreas matriciais



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Painel do vídeo calibrado – Nesse painel, é possível visualizar a o desenho das áreas matriciais de acordo com os parâmetros selecionados para a sua morfologia (forma,

tamanho e posição), e com as quantidades definidas de linhas e colunas.

2. Caixa de seleção do tipo das áreas – Nesse campo, é possível observar que o tipo de áreas processadas selecionado é matricial.
3. Caixa de seleção “Colunas” – Nesse campo, o usuário seleciona a quantidade de colunas da área matricial. Ao definir o valor, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado.
4. Caixa de seleção “Linhas” – Nesse campo, o usuário seleciona a quantidade de linhas da área matricial. Ao definir o valor, o desenho da área no painel do vídeo calibrado é atualizado.
5. Botão “Salvar” – Ao clicar nesse botão, os dados de calibração dos parâmetros do rastreamento são armazenados.

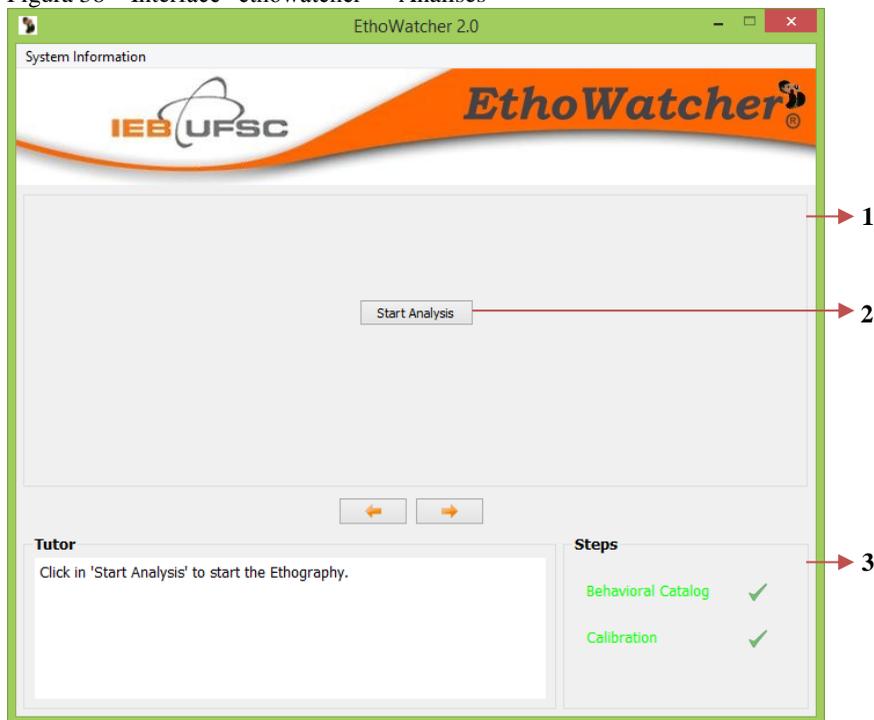
Após salvar os dados da calibração, a interface “calibracao” (Figura 37) é fechada, retornando à interface principal “ethowatcher” (Figura 22).

Clicando no botão “Avançar” da Figura 22, a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a etografia (Figura 38). A partir desse momento, ocorre a quarta etapa de funcionamento do *software*.

#### **4.1.4 Análises**

Ao carregar a aba referente a análises na tela principal da interface “ethowatcher”, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 38):

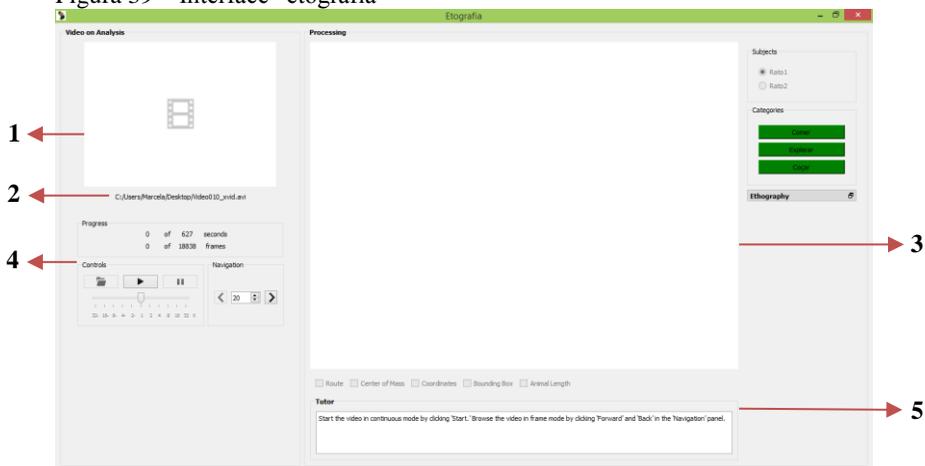
Figura 38 – Interface “ethowatcher” – Análises



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Análises – Nessa tela, está carregada a aba “Análises”, onde o usuário deve realizar as análises selecionadas (etografia e/ou rastreamento). Essa tela de navegação sempre estará presente para o usuário.
2. Botão “Iniciar Análises” – Ao clicar nesse botão, é aberta uma quarta interface: a “etografia.ui” (Figura 39). Nessa interface, o usuário pode realizar as análises desejadas.
3. Passos – Neste momento da navegação, é possível observar na tela “Passos” que todos os passos a serem realizados antes da execução da análise foram concluídos.

Figura 39 – Interface “etografia”



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

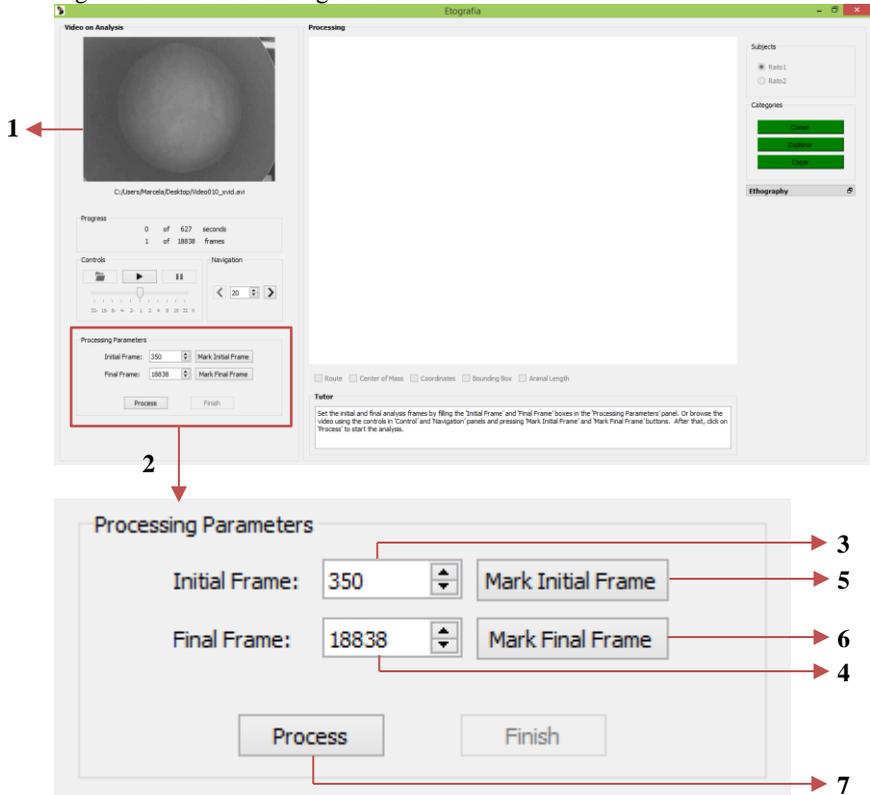
Ao abrir a interface “etografia” (Figura 39) são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 39):

1. Painel do vídeo original – Nesse painel, é carregado o vídeo que será analisado. Ao carregar a interface “etografia”, esse painel inicializa vazio.
2. Etiqueta do vídeo – Esse campo de texto apresenta o endereço do arquivo de vídeo que será processado.
3. Painel do vídeo processado – Nesse painel, é carregado o resultado do processamento. Ao carregar a interface “etografia”, esse painel inicializa vazio.
4. Progresso, Controles e Navegação – A interface “etografia”, apresenta as mesmas telas de Progresso, Controles e Navegação que a interface “calibração”. Com essas ferramentas o usuário pode navegar pelo vídeo em modo contínuo (através dos botões “Iniciar” e “Pausar”), no modo frame a frame (através dos botões “Avançar” e “Voltar”) e visualizar o progresso de execução do vídeo em frames e tempo (através da tela “Progresso”). Ao iniciar a execução do vídeo, seja pelo botão “Iniciar” ou

pelo botão “Avançar”, é carregada da interface a tela de Parâmetros do Processamento (Figura 40).

5. Tutor – Nessa tela é apresentado ao usuário o tutorial, assim como ocorre nas interfaces anteriores.

Figura 40 – Interface “etografia” – Parâmetros do Processamento



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao iniciar o vídeo, seja pelo modo contínuo (botão “Iniciar”) ou pela navegação frame a frame (botão “Avançar”), a interface “etografia” (Figura 40) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 40):

1. Painel do vídeo original – Nesse painel, é possível observar o vídeo carregado em execução.

2. Parâmetros do Processamento – Nessa tela, são apresentadas as ferramentas de parâmetros e controle do processamento do vídeo.
3. Caixa de seleção “Frame Inicial” – Nesse campo, o usuário seleciona o frame inicial do intervalo de processamento do vídeo. O valor mínimo para essa variável é o valor do frame correspondente ao primeiro frame do animal, definido na etapa de calibração. Isso evita que o processamento inicie com um frame que não contenha o objeto a ser rastreado.
4. Caixa de seleção “Frame Final” – Nesse campo, o usuário seleciona o frame final do intervalo de processamento do vídeo. O valor dessa variável deve ser maior que o valor do frame inicial selecionado no item 3.
5. Botão “Marcar frame inicial” – Ao clicar nesse botão, o frame atual apresentado no painel do vídeo original é capturado e armazenado como o frame inicial do processamento. Sendo assim, usuário pode utilizar essa ferramenta para marcar o frame inicial ou selecionar o valor diretamente na caixa de seleção (item 3).
6. Botão “Marcar frame final” – Ao clicar nesse botão, o frame atual apresentado no painel do vídeo original é capturado e armazenado como o frame final do processamento. Sendo assim, usuário pode utilizar essa ferramenta para marcar o frame final ou selecionar o valor diretamente na caixa de seleção (item 4).
7. Botão “Processar” – Ao clicar nesse botão, o processamento do vídeo é iniciado (Figura 41).

Figura 41 – Interface “etografia” – Processamento do vídeo



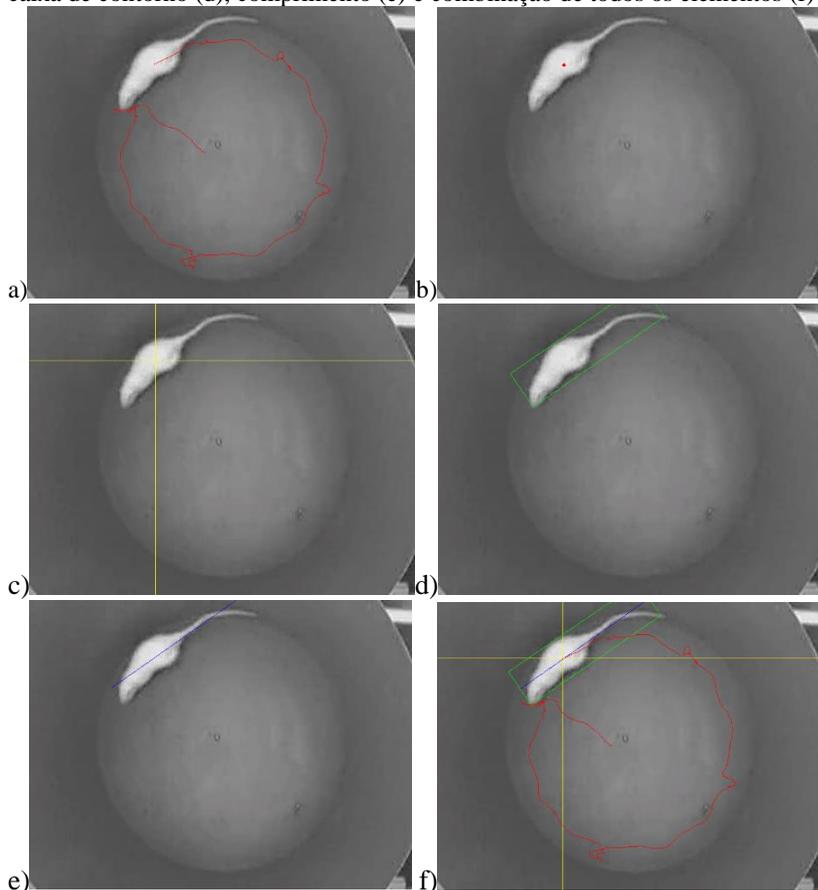
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Ao iniciar o processamento do vídeo, a interface “etografia” (Figura 41) apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 41):

1. Botão “Finalizar” – Ao clicar nesse botão, o processamento do vídeo é finalizado, retornando a interface para as configurações apresentadas na Figura 40.

2. Painel do vídeo processado – Nesse painel, é possível observar o resultado do processamento do frame atual do vídeo.
  
3. Caixa de marcação “Rota”, “Centro de massa”, “Coordenadas”, “Caixa de contorno” e “Comprimento Animal”– Nesses campos, o usuário define quais elementos gráficos do rastreamento deseja visualizar no painel de processamento do vídeo. É possível selecionar apenas uma caixa, todas as caixas ou combinações entre si (Figura 42). Essas ferramentas estarão disponíveis sempre que foi selecionado o rastreamento no escopo da análise.

Figura 42 – Elementos gráficos: rota (a), centro de massa (b), coordenadas (c), caixa de contorno (d), comprimento (e) e combinação de todos os elementos (f)

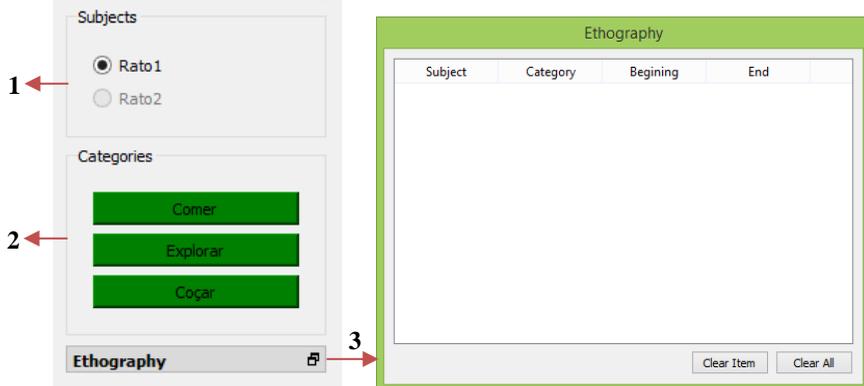


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

4. Etiqueta de rastreamento – Esse indica se foi encontrado o animal rastreado ou não em cada frame processado. Esse indicador estará presente sempre que foi selecionado o rastreamento no escopo da análise.
5. Ferramentas de Etografia – Nessa área da interface, encontra-se as ferramentas utilizadas na etografia (Figura 43). Essas ferramentas estarão disponíveis sempre que foi

selecionado a etografia (baseada em vídeo ou em fontes externas) no escopo da análise.

Figura 43 – Interface “etografia” – Ferramentas etográficas



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

As ferramentas de etografia (Figura 43), disponíveis na interface “etografia”, apresentam as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 43):

1. **Sujeitos** – Nessa tela, são apresentados os sujeitos disponíveis no catálogo comportamental. Caso o rastreamento tenha sido selecionado no escopo da análise, apenas o primeiro sujeito do catálogo estará disponível, pois que o sistema não permite o rastreamento de múltiplos animais. Se o rastreamento não estiver no escopo da análise, todos os sujeitos do catálogo categórico selecionado estarão disponíveis para o usuário.
2. **Categorias** – Nessa tela, são apresentadas as categorias disponíveis no catálogo comportamental. Para cada categoria, existe um botão referente. Os eventos categóricos podem ser registrados pelo usuário pelo clique no botão referente a categoria desejada, ou pelo atalho do teclado, que corresponde ao código identificador da categoria no catálogo comportamental. A cada registro de evento, uma nova linha é criada na tabela etológica (Figura 44).

3. Tabela Etológica – Essa tabela é apresentada inicialmente minimizada na interface “etografia”, mas pode ser maximizada através do duplo clique. Nela são apresentados todos os eventos categóricos registrados pelo usuário, sendo cada linha referentes a um evento e as colunas referentes ao sujeito, categoria, frame inicial e frame final do evento.

Figura 44 – Interface “etografia” – Tabela etográfica

	Subject	Category	Beginning	End
1	Rato1	Comer	998	1039
2	Rato1	Explorar	1093	

Clear Item      Clear All

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

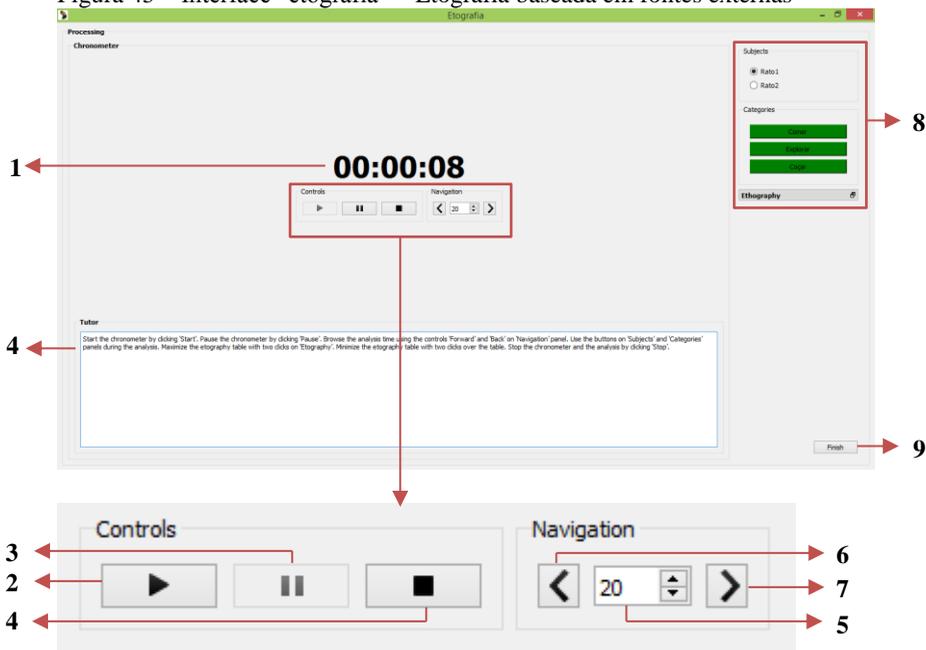
A tabela etográfica (Figura 44), disponível na interface “etografia”, apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 44):

1. Botão “Apagar item” – Ao clicar nesse botão, é apagado o item, correspondente a um evento categórico, selecionado em na tabela etográfica. Logo, o elemento correspondente a esse item é excluído da análise. Para selecionar um item, deve-se clicar sobre uma das linhas da tabela.

2. Botão “Apagar tudo” – Ao clicar nesse botão, todas as linhas da tabela etográfica são apagadas. Logo, todos os eventos criados na análise serão excluídos.

Caso a análise não seja baseada em vídeo, ou seja, quando for definida a etografia baseada em fontes externas (Figura 45), a interface “etografia” apresenta as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 45):

Figura 45 – Interface “etografia” – Etografia baseada em fontes externas



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Cronômetro – Elemento que contabiliza o tempo, uma vez que a etografia baseada em fontes externas não é referenciada a partir de frames.
2. Botão “Iniciar” – Ao clicar nesse botão, o cronômetro é iniciado continuamente.
3. Botão “Pausar” – Ao clicar nesse botão, o cronômetro é congelado no tempo atual.

4. Botão “Parar” – Ao clicar nesse botão, o cronômetro é zerado e congelado no tempo zero.
5. Caixa de seleção de segundos – Nesse campo, o usuário seleciona a quantidade de segundos para a navegação estática do cronômetro.
6. Botão “Voltar” – Ao clicar nesse botão, o tempo marcado pelo cronômetro é diminuído segundo o valor apresentado na caixa de seleção de segundos
7. Botão “Avançar” – Ao clicar nesse botão, o tempo marcado pelo cronômetro é acrescido segundo o valor apresentado na caixa de seleção de segundos
8. Ferramentas de Etografia – Nessa área da interface, encontra-se as ferramentas utilizadas na etografia (Figura 43). Essas ferramentas estarão disponíveis sempre que foi selecionado a etografia (baseada em vídeo ou em fontes externas) no escopo da análise.
9. Botão “Finalizar” – Ao clicar nesse botão, a etografia baseada em fontes externas é finalizada.

Após processar todos os frames definidos no intervalo entre frame inicial e frame final ou clicar no botão “Finalizar” (no caso da etografia baseada em fontes externas), os dados da análise etográfica e/ou rastreamento são salvos e a interface “etografia” (Figura 39 ou Figura 45) é fechada, retornando à interface principal “ethowatcher” (Figura 38).

Clicando no botão “Avançar” da Figura 38, a interface irá carregar na sua tela principal a aba referente a emissão de relatórios (Figura 46). A partir desse momento, ocorre a quinta etapa de funcionamento do *software*.

### 4.1.5 Emissão de Relatórios

Ao carregar a aba referente a emissão de relatórios na tela principal da interface “ethowatcher”, são apresentadas as seguintes configurações (os itens apresentados a seguir estão marcados com a mesma numeração na Figura 46):

Figura 46 – Interface “ethowatcher” – Emissão de Relatórios



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

1. Tipo de relatório – Nessa tela, o usuário pode selecionar o tipo de relatório que deseja emitir. As opções de etografia e rastreamento estarão disponíveis de acordo com o tipo de análise que foi realizada.
2. Segmentação Temporal – Nessa tela, o usuário tem a opção de gerar o relatório segmentado em função do tempo. Caso selecione esse tipo de relatório, deve-se

informar o intervalo de tempo de segmentação na caixa de seleção.

3. Segmentação Espacial – Nessa tela, o usuário tem a opção de gerar o relatório segmentado em função das áreas segmentadas (poligonais ou matriciais). Caso selecione esse tipo de relatório, deve-se informar as áreas que serão consideradas para segmentação através das caixas de marcação correspondentes a cada área.
4. Botão “Relatório” – Ao clicar nesse botão, são gerados os relatórios definidos para a análise. Os relatórios são gerados em arquivos do tipo XML. Além dos relatórios, caso tenha sido realizado o rastreamento, também são geradas imagens, do tipo PNG, das áreas calibradas (Figura 50) e da rota percorrida pelo animal (Figura 49).

Os arquivos XML, contém os dados do rastreamento e da etografia, como é possível ver pelos exemplos das Figuras 47 e 48. Esses arquivos podem ser abertos como arquivos em formato XML ou em planilhas do Excel. É possível observar, na Figura 47, os descritores morfológicos e cinemáticos, extraídos frame a frame, e nas colunas finais, o resultado do algoritmo de fuga do animal, bem como a interação do rastreamento com a etologia categórica. Na Figura 48, é possível observar os dados da tabela comportamental gerado pela análise etológica, e também, os resultados estatísticos de duração, frequência e latência de cada categoria.

Figura 47 – Exemplo de relatório de rastreamento

Tempo (s)	Tempo (min)	Tempo (h)	Posição (X)	Posição (Y)	Distância (m)	Área (m²)	Área (km²)	Proporção (%)	Comprimento (m)	Ângulo (gr)	Variação (m)	Piela (m)	Ocorrência	Comer	Explora	Coçar	
66	554	18.4	2.96667	83.0462	145.863	0.091127	83.2261	210.404	3.14444	25.7288	94.9752	3.72425	1832	Found	X	-	
67	559	18.6333	2.8	82.0254	145.953	0.0210922	83.1216	210.404	3.14444	25.7264	95.1333	0	10	Found	X	-	
68	560	18.6666	2.03333	84.3272	151.201	1.23588	82.6514	3.48341	25.6788	96.3271	8.85826	1898	Found	-	-	X	
69	561	18.7	2.06667	84.435	153.458	0.516572	83.5918	3.50992	25.7829	100.573	4.67333	1861	Found	-	-	X	
70	562	18.7333	2.1	84.435	153.458	0	83.5918	3.50992	25.7829	100.573	0	0	Found	-	-	X	
71	563	18.7666	2.13333	84.435	153.458	0	83.5918	3.50992	25.7829	100.573	0	0	Found	-	-	X	
72	564	18.8	2.16667	84.7237	159.91	1.47629	85.5771	3.58132	26.3263	107.877	6.98456	2019	Found	-	-	X	
73	565	18.8333	2.2	84.7237	159.91	0	85.5771	3.58132	26.3263	107.877	0	0	Found	-	-	X	
74	566	18.8666	2.23333	86.9686	165.173	1.30771	81.7633	210.431	3.25025	26.1869	112.662	5.43386	1816	Found	-	X	
75	567	18.9	2.26666	86.9686	165.173	0	81.7633	210.431	3.25025	26.1869	112.662	0	0	Found	-	-	X
76	568	18.9333	2.3	92.1139	169.49	1.53525	81.502	210.203	3.44679	26.9178	115.067	4.90128	1835	Found	-	-	X
77	569	18.9666	2.33333	92.1139	169.49	0	81.502	210.203	3.44679	26.9178	115.067	0	0	Found	-	-	X
78	570	19	2.36666	92.1139	169.49	0	81.502	210.203	3.44679	26.9178	115.067	0	0	Found	-	-	X
79	571	19.0333	2.4	92.1099	169.494	0.00311467	81.502	210.203	3.44679	26.9188	115.295	0	0	Found	-	-	X
80	572	19.0666	2.43333	97.4789	173.675	1.55532	81.2971	207.232	3.64271	27.4827	119.148	3.18685	1861	Found	-	-	X
81	573	19.1	2.46667	98.4966	175.028	0.387085	79.4122	179.822	4.04407	27.0198	121.925	0.528714	1801	Found	-	-	X
82	574	19.1333	2.5	98.4758	175.092	0.0142888	77.8449	176.688	4.11978	26.8628	119.449	0.271314	925	Found	-	-	X
83	575	19.1666	2.53333	99.8988	177.627	0.674466	76.6433	181.624	3.871	26.5224	124.566	4.6439	1698	Found	-	-	X
84	576	19.2	2.56667	99.9546	177.71	0.0245085	76.8522	181.624	3.871	26.5201	124.336	0	289	Found	-	-	X
85	577	19.2333	2.6	101.29	180.295	0.660013	75.3894	181.411	3.76836	26.2867	126.891	-2.2906	1626	Found	-	-	X
86	578	19.2666	2.63333	101.307	180.355	0.0142888	75.2327	180.867	3.75706	26.2374	127.482	-1.96716	10	Found	-	-	X
87	579	19.3	2.66666	101.307	180.355	0	75.2327	180.867	3.75706	26.2374	127.482	0	0	Found	-	-	X
88	580	19.3333	2.7	101.433	182.32	0.449985	76.382	184.966	3.66943	26.0754	131.783	8.40556	1745	Found	-	-	X
89	581	19.3666	2.73333	101.436	182.316	0.00115917	76.4343	184.966	3.66943	26.0786	131.943	0	4	Found	-	-	X
90	582	19.4	2.76666	101.553	182.748	0.102298	75.4939	177.884	3.48719	24.9438	134.732	2.2141	1431	Found	-	-	X

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

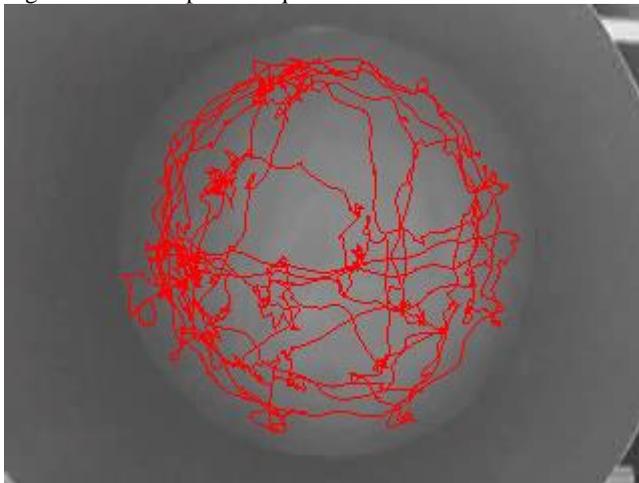
Figura 48 – Exemplo de relatório de etografia

sujeito	categoria	inicio	final	duracao	Coluna1
108	Rato1	Comer	16,8666	17,4333	0,566666
109	Rato1	Explorar	17,5666	18,1333	0,566666
110	Rato1	Comer	18,2333	18,6333	0,4
111	Rato1	Coçar	18,7666	19,1333	0,366666
112	Rato1	Explorar	19,3666	19,6666	0,3
113	Rato1	Comer	19,8	19,9333	0,133333
114					
115		Comer	Explorar	Coçar	
116	Duração		1,1	0,86667	0,36667
117	Frequência		3	2	1
118	Latencia		16,8666	17,5666	18,7666
119					
120					
121					
122					
123					
124					
125					
126					

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

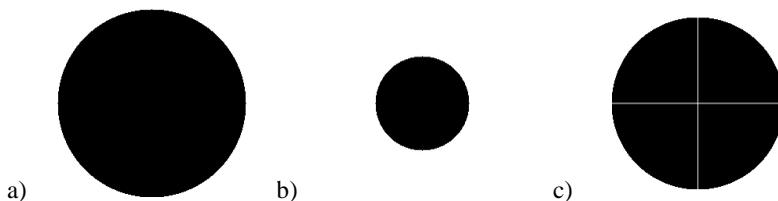
Na Figura 49 é possível observar o gráfico da rota gerado pelo algoritmo de rastreamento do animal. Também como arquivos de saída do rastreamento, na Figura 50, é possível observar exemplos de áreas poligonais e matriciais calibradas.

Figura 49 – Exemplo de arquivos PNG da rota rastreada



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 50 – Exemplos de arquivos PNG das áreas poligonais (a e b) e matriciais (b) calibradas



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

## 4.2 VALIDAÇÃO DO SOFTWARE

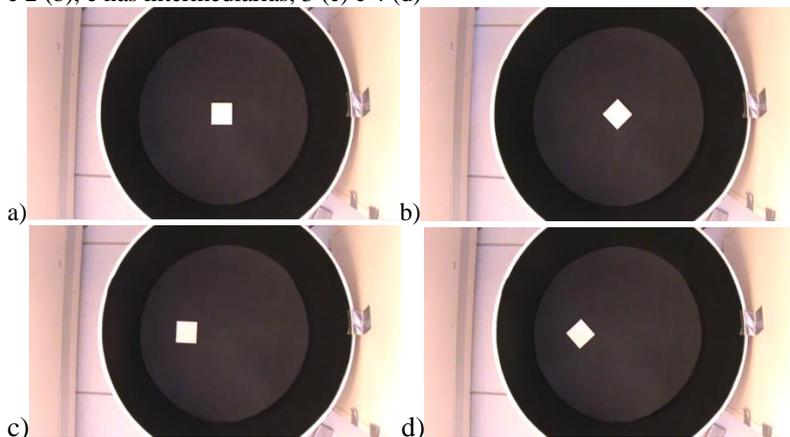
A validação do *software* foi realizada a partir de análises estatísticas e observações dos dados contidos nos relatórios resultantes do processamento dos vídeos de validação pelo ETHOWATCHER®.

Seguem nas próximas sessões, os resultados dessas análises para as três etapas de validação.

#### 4.2.1 Rastreamento de objetos imóveis

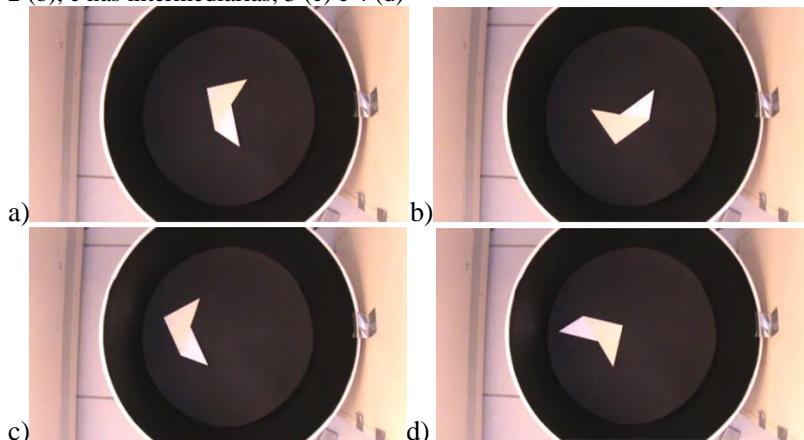
Nessa etapa de calibração, foram analisados um total de oito vídeos, sendo quatro referentes ao objeto de forma quadrada e quatro referentes ao objeto de forma irregular. Esses objetos foram posicionados em quatro configurações diferentes na arena, caracterizada pela posição ocupada (no centro ou a 10 cm de distância do centro) e pela sua rotação. Nessa sessão, essas configurações serão denominadas de posição 1, posição 2, posição 3 e posição 4, sendo 1 e 2 referentes ao centro da arena e 3 e 4 referentes a posição intermediária de 10 cm de distância do centro. O resultado da disposição dos objetos em cada vídeo, correspondente a cada uma dessas posições, pode ser observado nas Figuras 51 e 52.

Figura 51 – Disposição do objeto de forma quadrada nas posições centrais, 1(a) e 2 (b), e nas intermediárias, 3 (c) e 4 (d)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

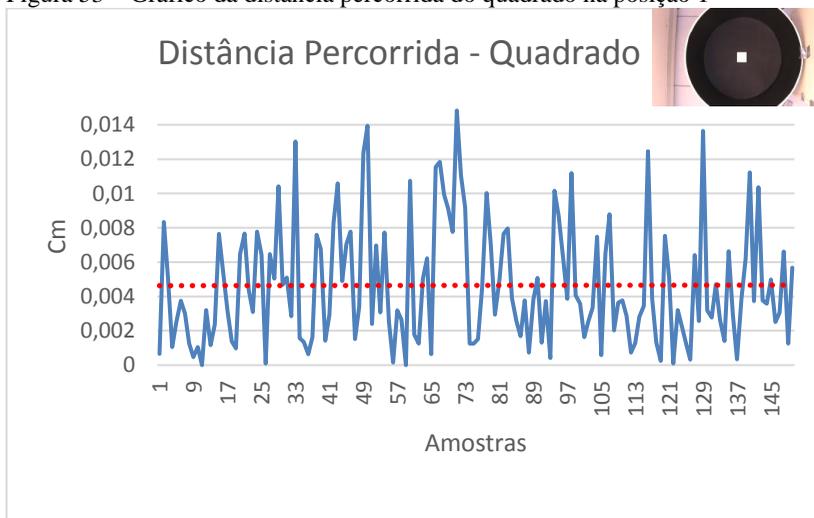
Figura 52 – Disposição do objeto de forma irregular nas posições centrais, 1(a) e 2 (b), e nas intermediárias, 3 (c) e 4 (d)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

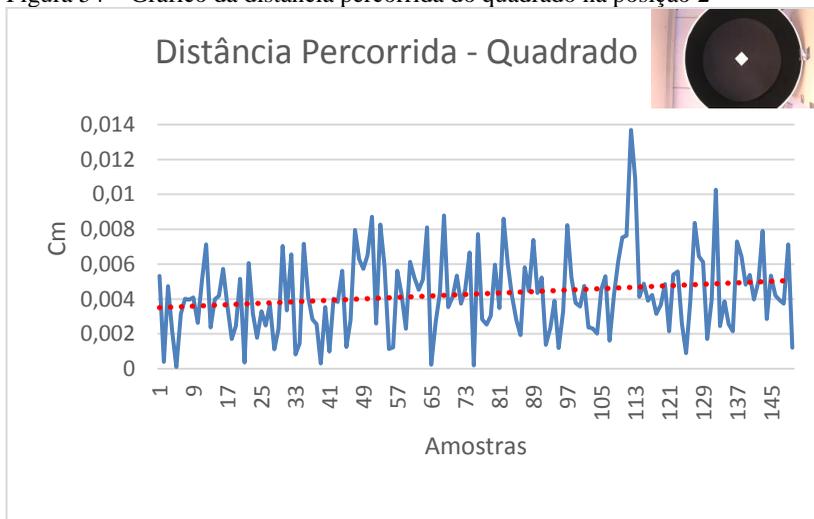
Antes de iniciar as análises estatísticas, para certificar a validade das amostras selecionadas, foram gerados os gráficos da distância percorrida em cada vídeo e a partir deles, as respectivas linhas de tendências (Figuras 53 a 60). A partir desses gráficos, pode-se observar que há uma variação dos valores de distância percorrida em cada caso, na escala de décimos e centésimos de milímetro. Mas embora exista esse tremor nos gráficos, os baixos coeficientes angulares das linhas de tendência, nos indica uma variação padrão dos dados em todos os casos, sem nenhuma variação brusca.

Figura 53 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 1



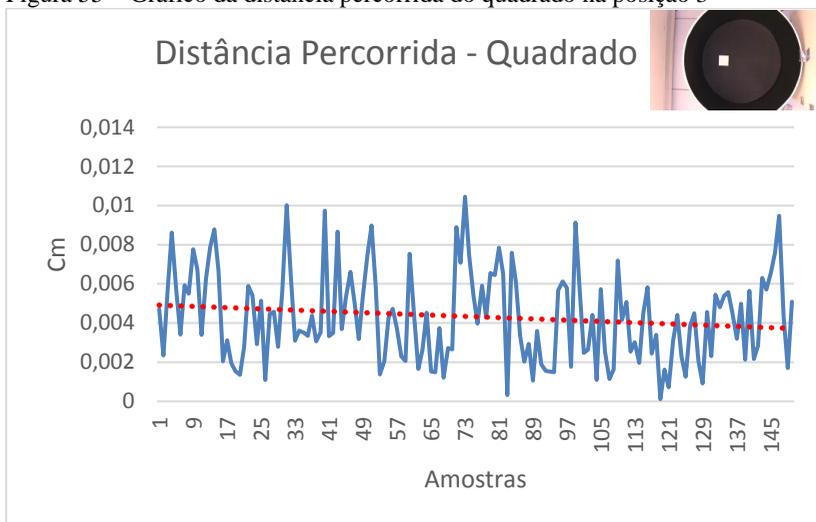
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 54 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 2



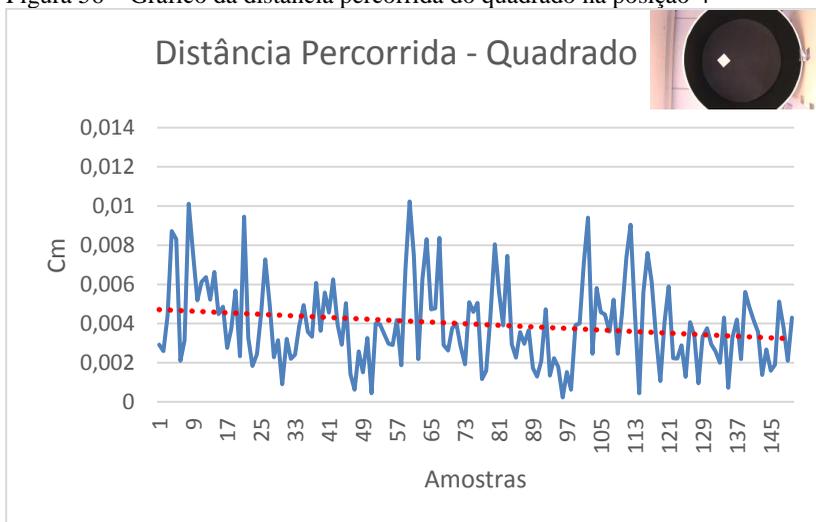
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 55 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 3



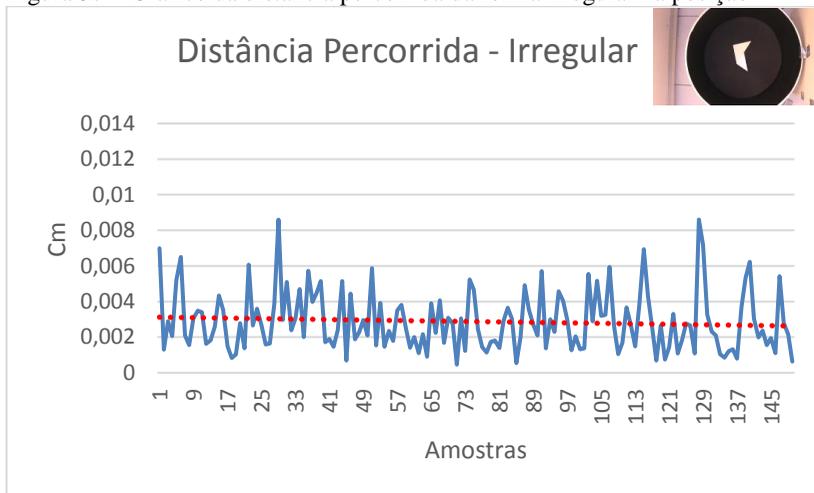
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 56 – Gráfico da distância percorrida do quadrado na posição 4



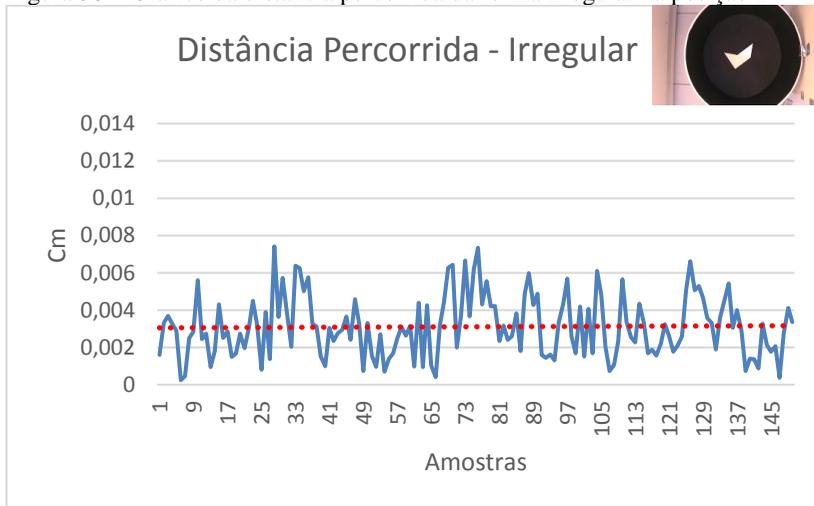
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 57 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 1



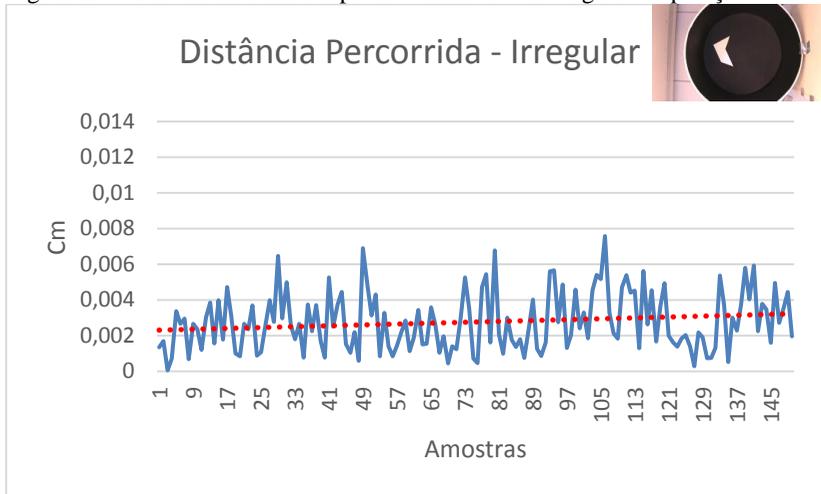
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 58 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 2



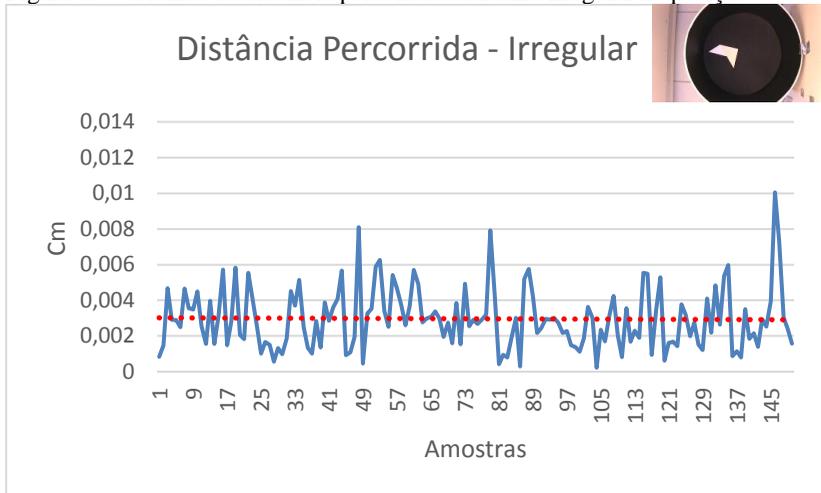
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 59 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 60 – Gráfico da distância percorrida da forma irregular na posição 4

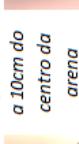


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Após validados, os conjuntos amostrais de 150 frames de cada vídeo, correspondentes aos descritores de distância do centro, distância percorrida, área e comprimento do objeto rastreados, foram submetidos aos cálculos estatísticos descritivos básicos, utilizando o *software* Excel. Destes cálculos, foram extraídos os valores de média e desvio padrão, ou

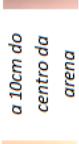
de soma (no caso da distância percorrida), para montar as tabelas comparativas dos valores esperados para cada descritor e os valores obtidos pelo software em cada posição dos objetos imóveis, quadrado e forma irregular. As comparações estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Tabelas comparativas referentes aos objetos quadrado e forma irregular

Objetos Imóveis - Quadrado	Valores obtidos na Posição 1		Valores obtidos na Posição 2		Valores esperados a 10cm do centro da arena		Valores obtidos na Posição 3		Valores obtidos na Posição 4	
	Valores esperados no centro da arena									
Distância do centro (cm)	0	0,1986 ± 0,0032	0,3129 ± 0,0027 *	10	10,2896 ± 0,0031	10,2679 ± 0,0027 **				
Distância Percorrida (cm)	0	0,0046 ± 0,0035	0,0043 ± 0,0023	0	0,0043 ± 0,0023	0,004 ± 0,0022				
Distância Total (cm)	0	0,6966	0,6428	0	0,6477	0,5949				
Área do Objeto (cm <sup>2</sup> )	30,25	38,1579 ± 0,0593	37,4589 ± 0,0517 *	30,25	36,9088 ± 0,0393 *	36,7379 ± 0,0313 *				
Comprimento do Objeto (cm)	7,77	6,6624 ± 0,4522	6,4558 ± 0,4393 *	7,77	7,6468 ± 0,6557 *	7,0619 ± 0,7708 *				

(\*) p&lt;0,05 comparado com os dados relativos a posição 1

(\*\*) p&lt;0,05 comparado com os dados relativos a posição 3

Objetos Imóveis - Irregular	Valores obtidos na Posição 1		Valores obtidos na Posição 2		Valores esperados a 10cm do centro da arena		Valores obtidos na Posição 3		Valores obtidos na Posição 4	
	Valores esperados no centro da arena									
Distância do centro (cm)	0	1,4849 ± 0,0024	1,6692 ± 0,0019 *	10	11,4184 ± 0,0015	9,2918 ± 0,0027 **				
Distância Percorrida (cm)	0	0,0029 ± 0,0017	0,0031 ± 0,0016	0	0,0028 ± 0,0016	0,003 ± 0,0017				
Distância Total (cm)	0	0,4312	0,4656	0	0,4147	0,4448				
Área do Objeto (cm <sup>2</sup> )	92,025	106,9311 ± 0,0427	107,9529 ± 0,0395 *	92,025	103,6483 ± 0,0381 *	106,9527 ± 0,047 *				
Comprimento do Objeto (cm)	17	18,8318 ± 0,0144	18,5519 ± 0,0343 *	17	18,8735 ± 0,0266 *	18,2923 ± 0,0317 *				

(\*) p&lt;0,05 comparado com os dados relativos a posição 1

(\*\*) p&lt;0,05 comparado com os dados relativos a posição 3

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Analisando as tabelas comparativas, é possível observar que, para o quadrado, a distância do objeto ao centro da arena não foi nula nas posições 1 e 2, e não foi igual a 10 cm nas posições 3 e 4. Elas apresentaram variações na ordem de milímetros, sendo que para a posição 3, a diferença do resultado obtido para o esperado foi, em média, de 2,90% e na posição 4, essa diferença foi de 2,68%. Esse mesmo descritor para a forma irregular também apresentou variações com relação ao resultado esperado, na ordem de centímetros. Para a posição 3, a variação foi, em média, de 14,18% e para a posição 4, a variação foi de 7,08%. Isso indica um erro intrínseco do sistema relacionado ao cálculo do centroide dos objetos.

Quanto a distância percorrida entre frames consecutivos, que deveria ser nula para o quadrado e para a forma irregular, independentemente da posição, uma vez que esses objetos estão imóveis, também apresentou erros na escala de centésimos de milímetro. Esses valores numéricos indicam um tremor dos centroides ao longo das gravações, que também foi observado anteriormente nos gráficos de distância percorrida. Consequentemente, tais erros implicam em distâncias percorridas totais também diferentes de zero em todos os casos, apresentando valores na escala de milímetros.

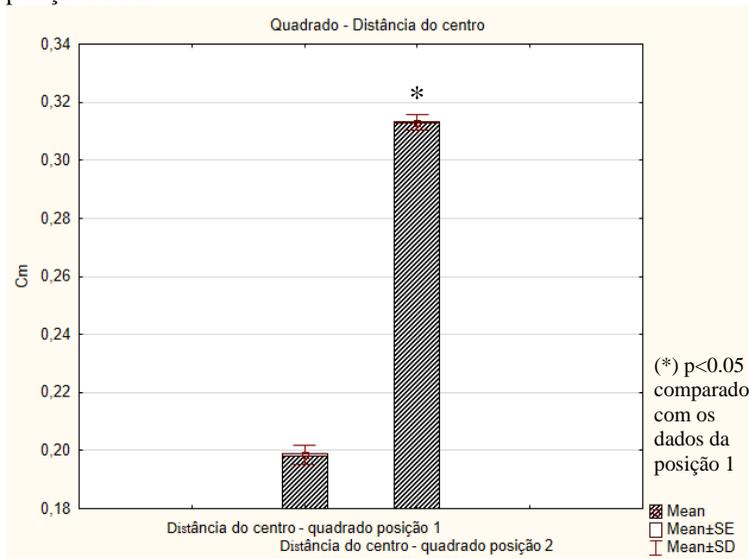
Com relação a área dos objetos, os valores esperados para o quadrado e a forma irregular eram respectivamente 30,25 cm<sup>2</sup> e 92,015 cm<sup>2</sup>, independentemente das posições em que os objetos se encontram, uma vez que a características morfológicas não mudam quando o objeto sofre deslocamento ou rotação. Entretanto os valores calculados também apresentaram variações. Para o quadrado, as variações foram, em média, de 26,14% na posição 1, 23,83% na posição 2, 22,01% na posição 3 e 21,45% na posição 4. Para a forma irregular, as variações foram, em média, de 16,20% na posição 1, 17,31% na posição 2, 12,63% na posição 3 e 16,22% na posição 4.

Por fim, quanto ao comprimento do objeto, o resultado esperado para o quadrado foi de 7,77 cm e para a forma irregular, 17 cm, em todas as posições (comprimento do objeto também se configura um descritor morfológico). Novamente, ambas as formas apresentaram variações nos resultados em cada posição. Para o quadrado, as variações foram, em média, de 14,25% na posição 1, 16,91% na posição 2, 1,59% na posição 3 e 9,11% na posição 4. Para a forma irregular, as variações foram, em média de 10,78% na posição 1, 9,13% na posição 2, 11,02% na posição 3 e 7,60% na posição 4.

Para avaliar se houveram diferenças estatisticamente significativas entre as variações de cada caso, realizou-se os testes não paramétricos.

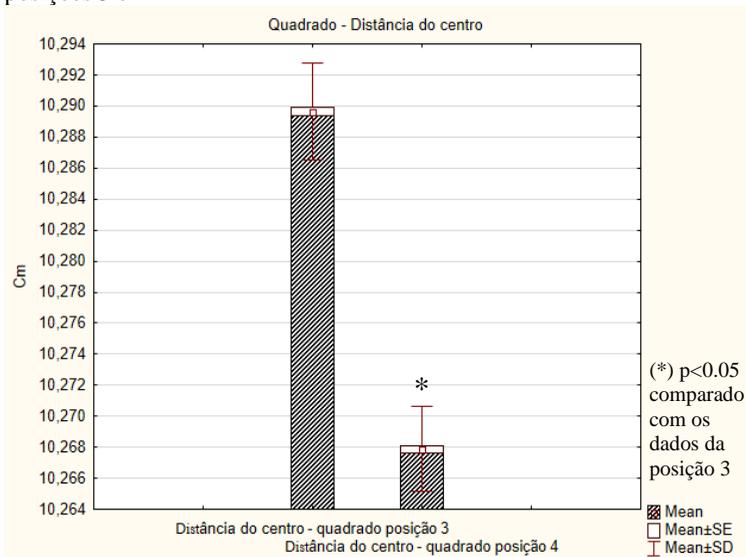
Para a distância do objeto ao centro da arena, aplicou-se o teste de Wilcoxon entre as amostras referentes ao objeto posicionado no centro da arena (posição 1 e 2) e entre as amostras referentes ao objeto distante a 10 cm do centro (posições 3 e 4), para cada objeto analisado. Em todos os casos, o valor de  $p$  para o teste foi menor que 0,05, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos analisados. Isso indica que, tanto para o quadrado quanto para a forma irregular, a medida do centroide calculada pelo *software* está sendo influenciada pela rotação do objeto, tanto no centro da arena quanto na posição deslocada de 10 cm do centro. O esperado seria que não houvesse diferença significativa nesses casos, uma vez que a rotação sofrida pelo objeto foi realizada em torno do eixo do próprio centroide, sem deslocamento. Os resultados desse teste podem ser observados nos gráficos apresentados nas Figuras 61 a 64.

Figura 61 – Gráfico boxplot das distâncias do quadrado ao centro entre as posições 1 e 2



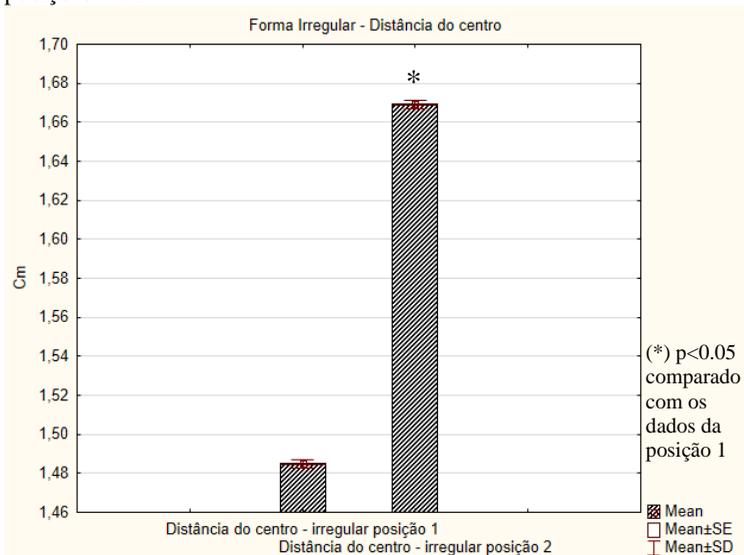
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 62 – Gráfico boxplot das distâncias do quadrado ao centro entre as posições 3 e 4



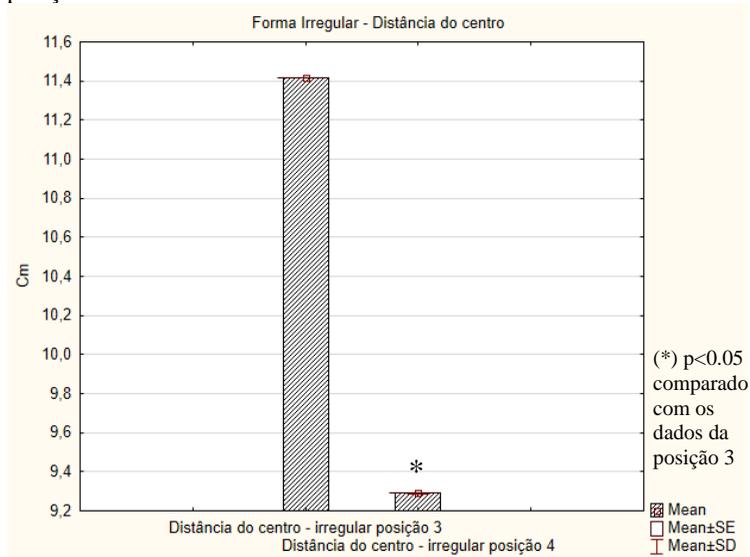
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 63 – Gráfico boxplot das distâncias da forma irregular ao centro entre as posições 1 e 2



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

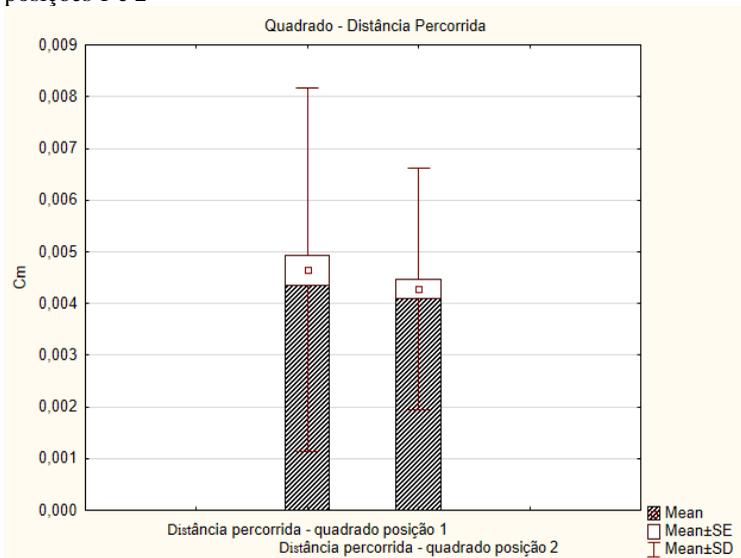
Figura 64 – Gráfico boxplot das distâncias da forma irregular ao centro entre as posições 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

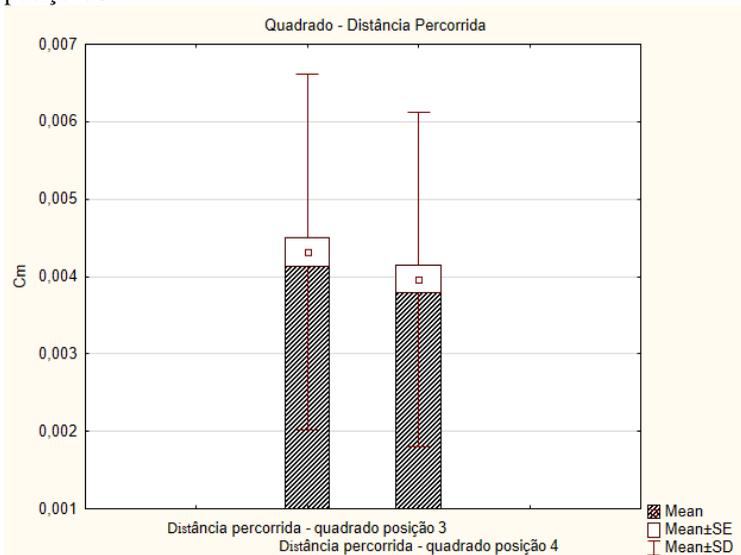
Para a distância percorrida dos objetos, aplicou-se o teste de Wilcoxon entre as amostras referentes ao objeto posicionado no centro da arena (posição 1 e 2), entre as amostras referentes ao objeto distante a 10 cm do centro (posições 3 e 4) e também entre amostras referentes a posições distintas na arena (posições 1 e 3) para cada objeto analisado. Em todos os casos, o valor de  $p$  para o teste foi maior que 0,05, ou seja, não existe diferença significativa entre os grupos analisados. Isso indica que, tanto para o quadrado quanto para a forma irregular, a distância percorrida independe da rotação do objeto e do deslocamento do objeto na arena. Entretanto, ao aplicar o teste de Wilcoxon entre amostras referentes ao quadrado e amostras referentes a forma irregular, em posicionamentos correspondentes na arena, o teste resulta em um valor de  $p$  menor que 0,05, indicando que a distância percorrida depende da forma do objeto rastreado. Os resultados desse teste podem ser observados nos gráficos apresentados nas Figuras 65 a 71.

Figura 65 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 1 e 2



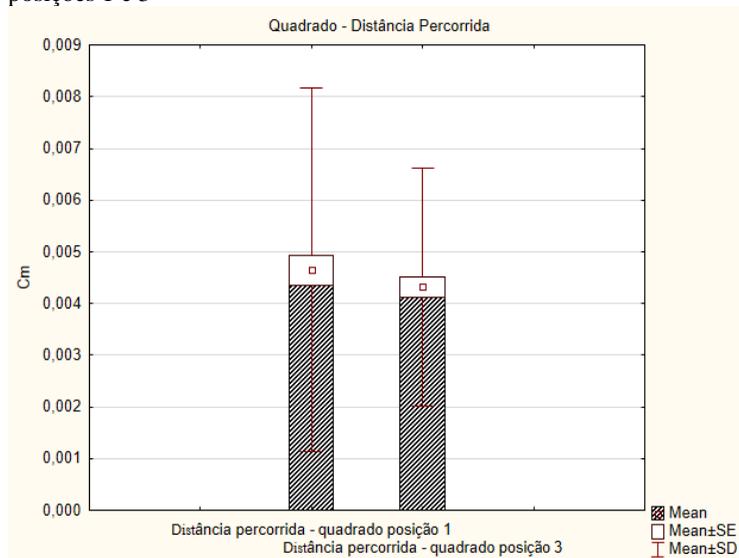
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 66 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 3 e 4



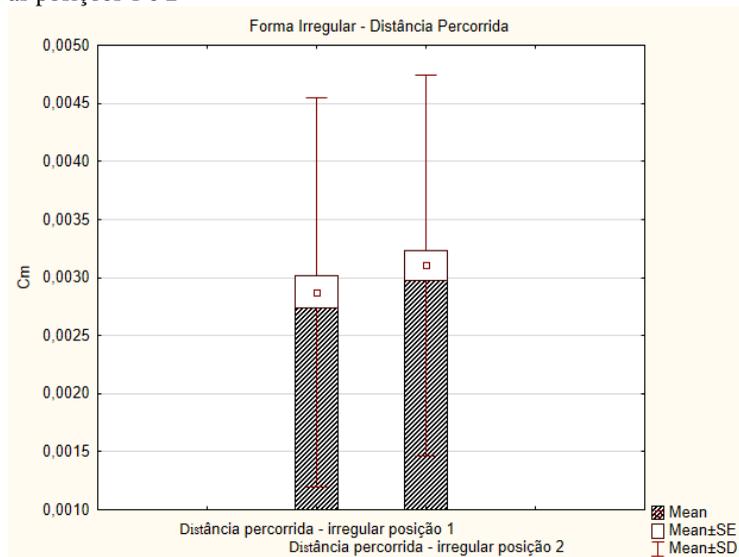
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 67 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado entre as posições 1 e 3



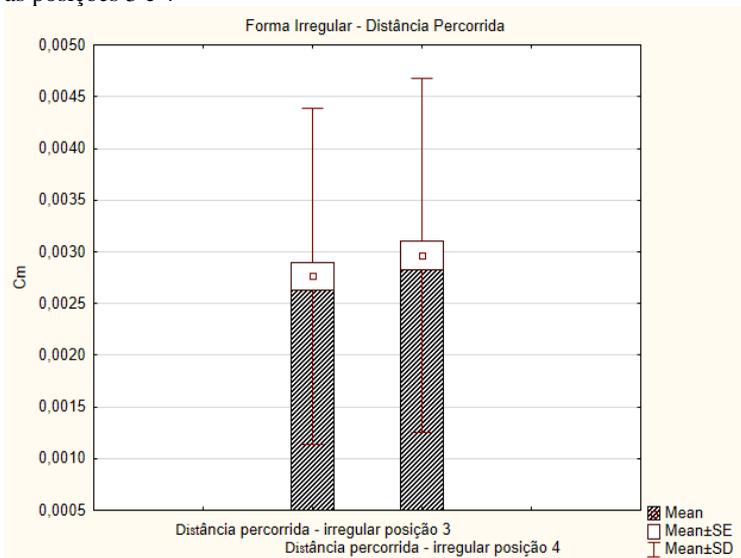
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 68 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 1 e 2



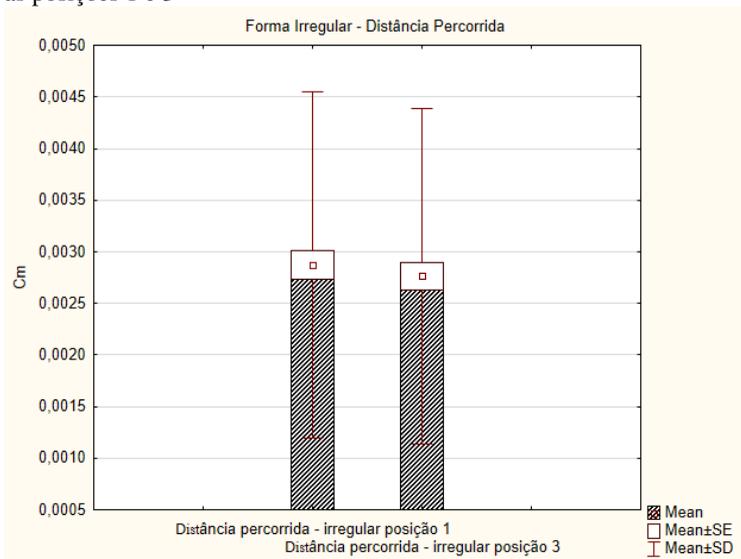
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 69 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 3 e 4



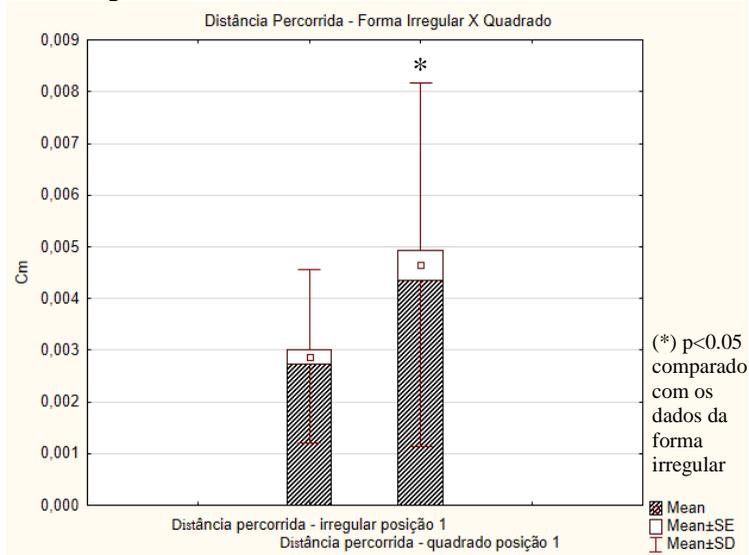
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 70 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pela forma irregular entre as posições 1 e 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 71 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas pelo quadrado e pela forma irregular



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para a área do objeto, aplicou-se primeiramente o teste de Friedman entre todas as amostras (posições 1, 2, 3 e 4) de cada objeto analisado. Nesse teste, o valor de  $p$  foi menor que 0,05, indicando que existe diferença significativa entre os quatro grupos analisados. Para complementar o teste e verificar se esse resultado se repete quando todas as amostras são analisadas combinadas duas a duas, efetuou-se o teste de Wilcoxon, e o mesmo resultado foi confirmado para todas as combinações. Isso indica que, tanto para o quadrado quanto para a forma irregular, a medida da área do objeto rastreado calculada pelo *software* está sendo influenciada pela rotação do objeto e pelo seu posicionamento na arena. O esperado seria que não houvesse diferença significativa nesses casos, uma vez que a área do objeto é uma característica morfológica e deveria se manter independente de sua posição e orientação, em objetos imóveis. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 5 e 6 e nos gráficos apresentados nas Figuras 72 e 73.

Tabela 5 – Teste de Friedman e Wicoxon das áreas do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Área - quadrado posição 1	38,1579	0,0593
Área - quadrado posição 2	37,45893 *	0,0417
Área - quadrado posição 3	36,908806 *	0,0393
Área - quadrado posição 4	36,737935 *	0,0313

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))  
ANOVA Chi Sqr. (N = 150, df = 3) = 450,0000  $p = 0,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 6 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4

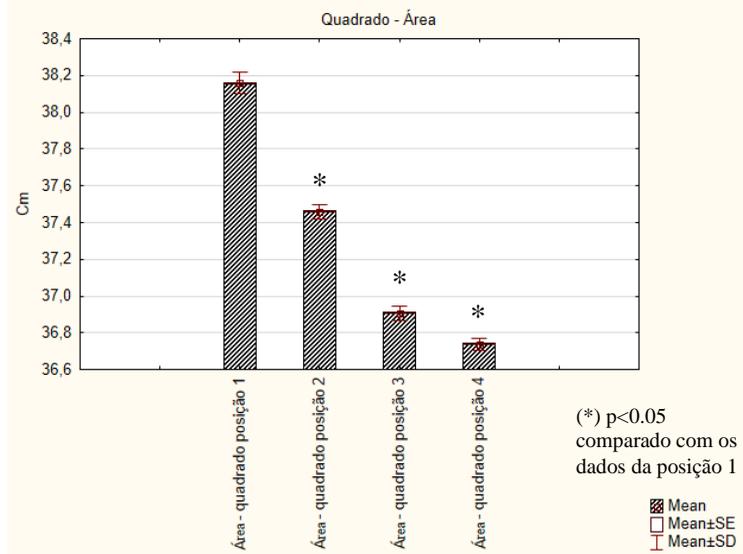
	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Área - irregular posição 1	106,9311	0,0427
Área - irregular posição 2	107,952513 *	0,0395
Área - irregular posição 3	103,648313 *	0,0381
Área - irregular posição 4	106,952713 *	0,0470

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))  
ANOVA Chi Sqr. (N = 150, df = 3) = 410,9396  $p = 0,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

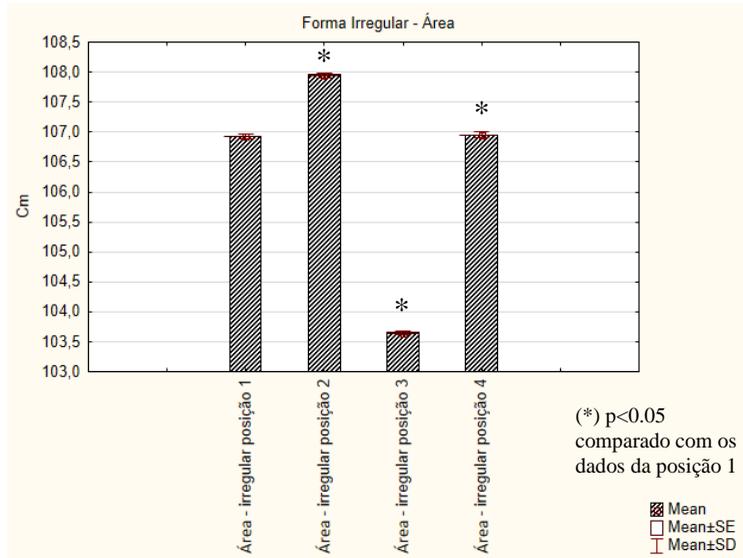
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 72 – Gráfico boxplot das áreas do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 73 – Gráfico boxplot das áreas da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para o comprimento do objeto, foram aplicados os mesmos procedimentos da área, e tanto no teste de Friedman quanto no de Wilcoxon, o valor de  $p$  foi menor que 0,05 em todos os casos, indicando que existe diferença significativa entre os quatro grupos analisados. Diante disso, pode-se afirmar que tanto para o quadrado quanto para a forma irregular, a medida do comprimento do objeto rastreado calculada pelo *software* está sendo influenciada pela rotação do objeto e pelo seu posicionamento na arena. O esperado seria que não houvesse diferença significativa nesses casos, uma vez que o comprimento do objeto é uma característica morfológica e deveria se manter independente de sua posição e orientação, em objetos imóveis. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 7 e 8 e nos gráficos apresentados nas Figuras 74 a 75.

Tabela 7 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Área - quadrado posição 1	38,1579	0,0593
Área - quadrado posição 2	37,45893 *	0,0417
Área - quadrado posição 3	36,908806 *	0,0393
Área - quadrado posição 4	36,737935 *	0,0313

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 150, df = 3) = 450,0000  $p=0,00000$

(\*)  $p<0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 8 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4

	Mean	Std.Dev.
Área - irregular posição 1	106,9311	0,0427
Área - irregular posição 2	107,952513 *	0,0395
Área - irregular posição 3	103,648313 *	0,0381
Área - irregular posição 4	106,952713 *	0,0470

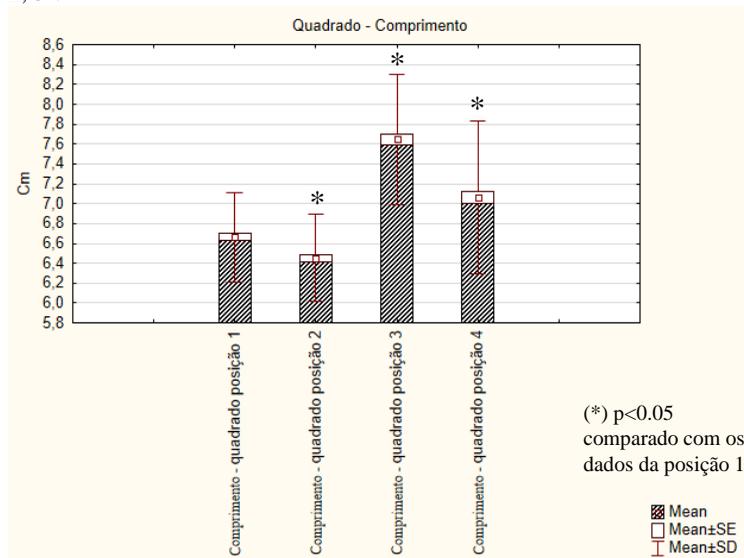
Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 150, df = 3) = 410,9396  $p = 0,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

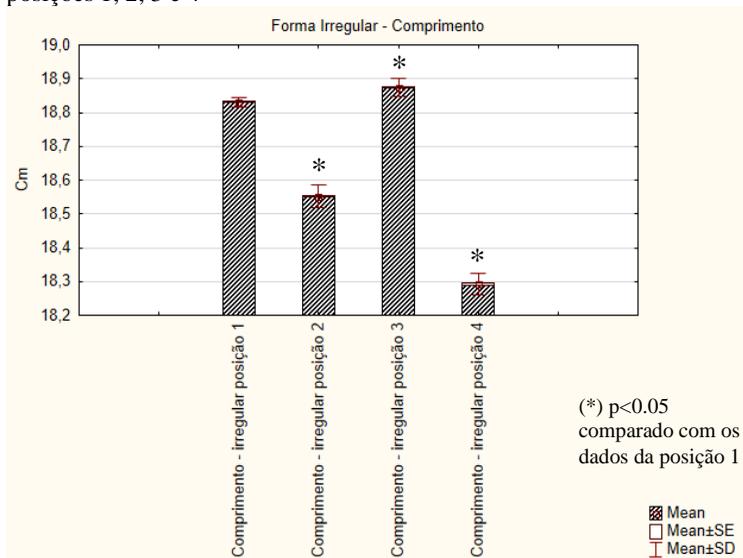
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 74 – Gráfico boxplot dos comprimentos do quadrado entre as posições 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 75 – Gráfico boxplot dos comprimentos da forma irregular entre as posições 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

#### 4.2.2 Rastreamento de objetos em diferentes formatos de vídeo

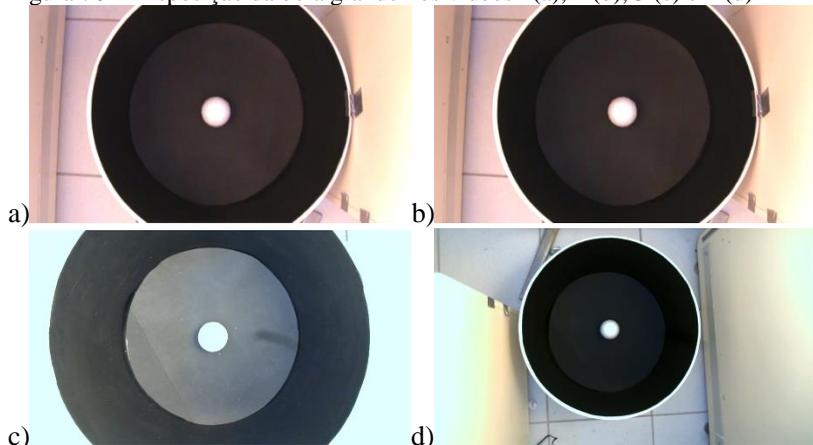
Nessa etapa de calibração, foram analisados um total de oito vídeos, sendo quatro referentes a esfera de isopor de maior raio (denominado nessa sessão por bola grande) e quatro referentes a esfera de isopor de menor raio (denominado nessa sessão por bola pequena). Esses objetos foram posicionados no centro da arena e filmados em diferentes formatos de arquivos de vídeo. Nessa sessão, serão utilizadas as seguintes denominações para os formatos de vídeo:

1. Vídeo 1: Gerado a partir da câmera Filmadora Sony HDR-CX405 HD Handycam, formato DIVX, com resolução de 852x480 pixels e taxa de frames de 30fps;
2. Vídeo 2: Gerado a partir da câmera Filmadora Sony HDR-CX405 HD Handycam, formato MP4, com resolução 960x550 pixels e taxa de frames de 30fps;
3. Vídeo 3: Gerado a partir da Webcam Hp Hd-4110, formato MP4, com resolução de 1920x1080 pixels e taxa de frames de 7fps;

4. Vídeo 4: Gerado a partir da Webcam Hp Hd-4110, formato MP4, com resolução de 1920x1080 pixels e taxa de frames de 14fps.

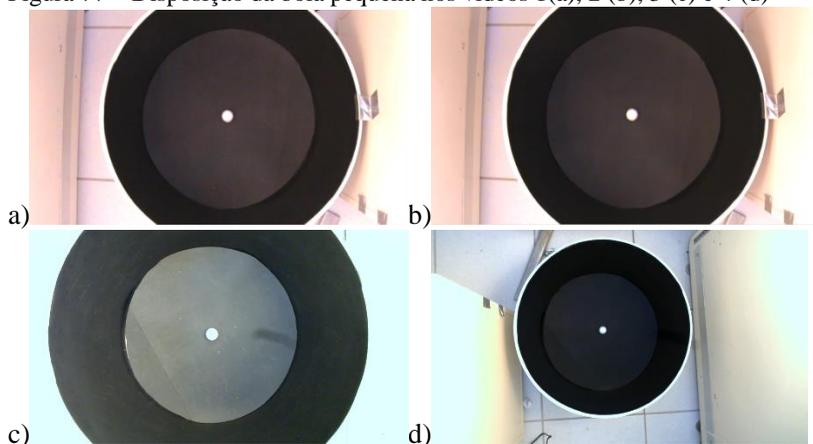
O resultado da disposição dos objetos em cada formato de vídeo, pode ser observado nas Figuras 76 e 77.

Figura 76 – Disposição da bola grande nos vídeos 1(a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

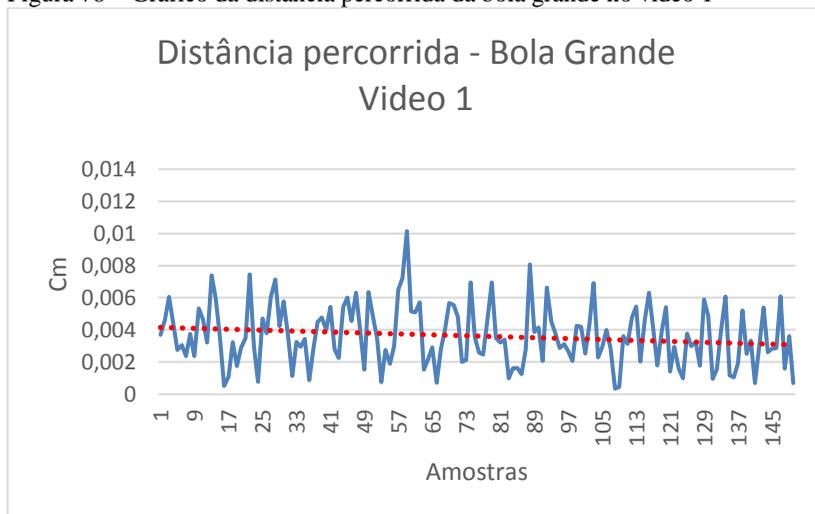
Figura 77 – Disposição da bola pequena nos vídeos 1(a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

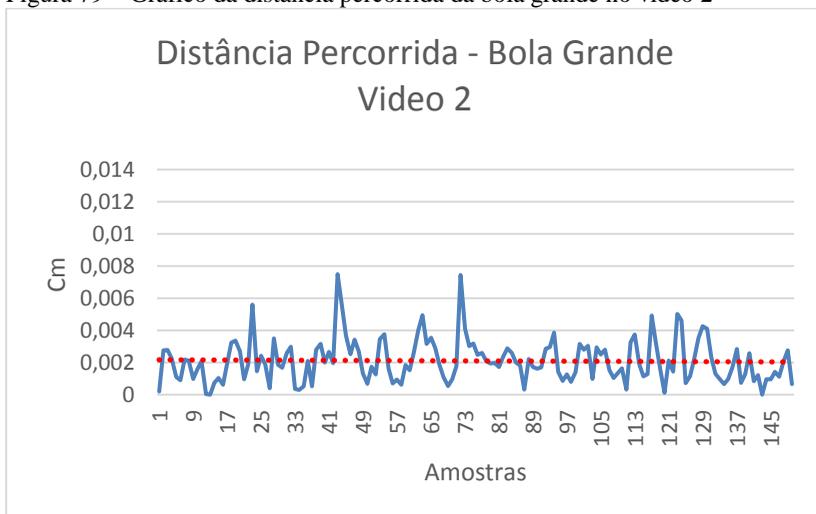
Antes de iniciar as análises estatísticas, para certificar a validade das amostras selecionadas, foram gerados os gráficos da distância percorrida em cada vídeo e a partir deles, as respectivas linhas de tendências (Figuras 78 a 85). A partir desses gráficos, pode-se observar que há uma variação dos valores de distância percorrida em cada caso, na escala de décimos e centésimos de milímetro. Mas embora exista esse tremor nos gráficos, os baixos coeficientes angulares das linhas de tendência, nos indica uma variação padrão dos dados em todos os casos, sem nenhuma variação brusca.

Figura 78 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 1



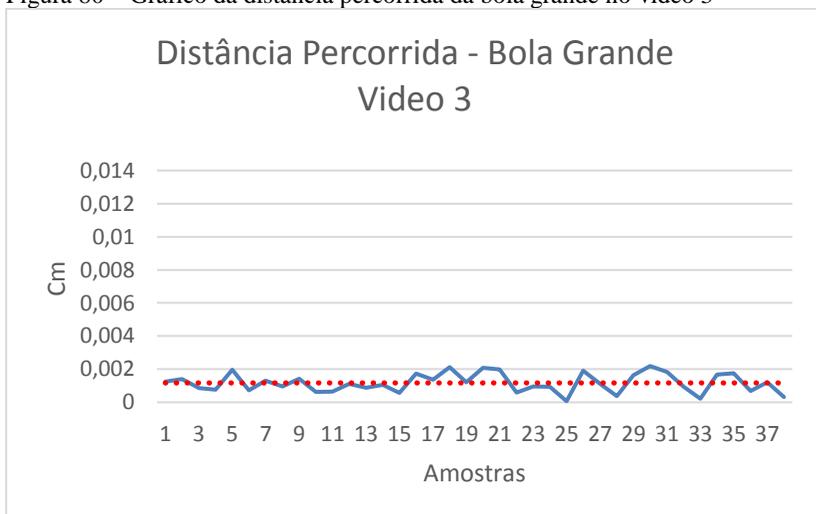
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 79 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 2



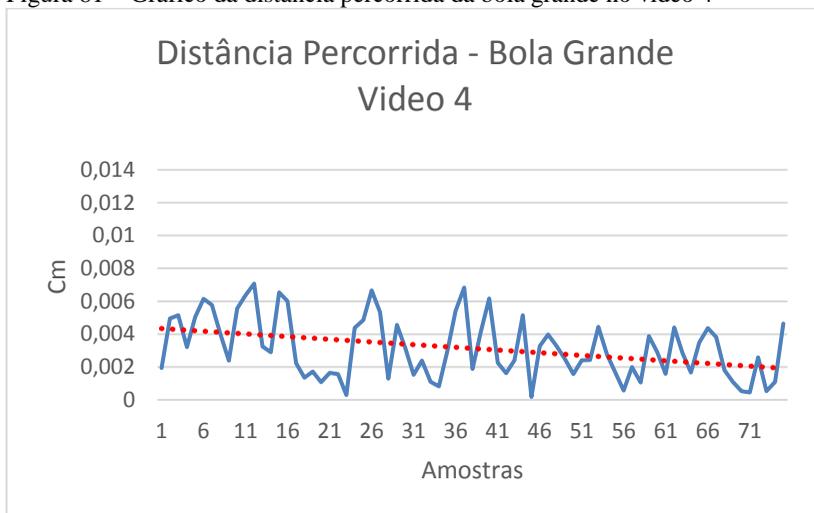
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 80 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 3



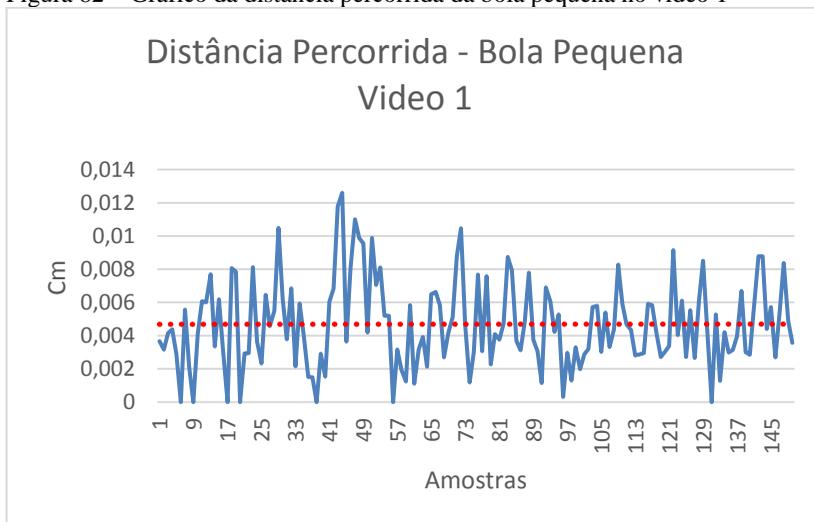
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 81 – Gráfico da distância percorrida da bola grande no vídeo 4



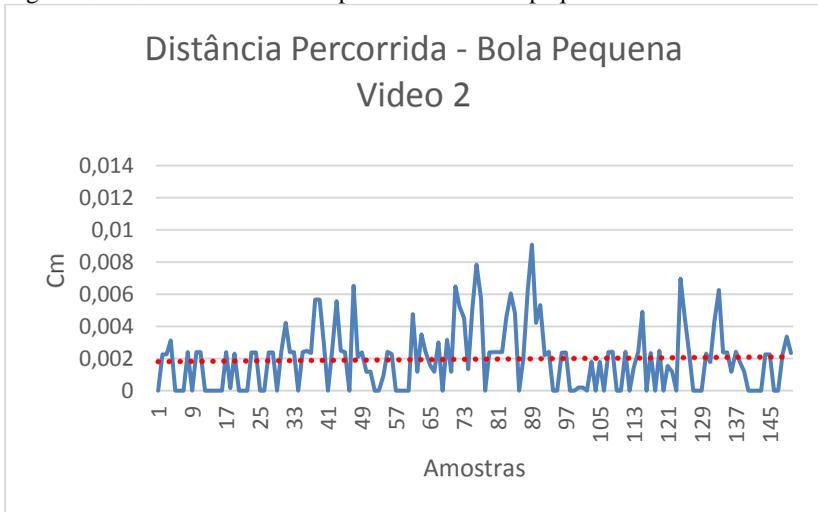
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 82 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 1



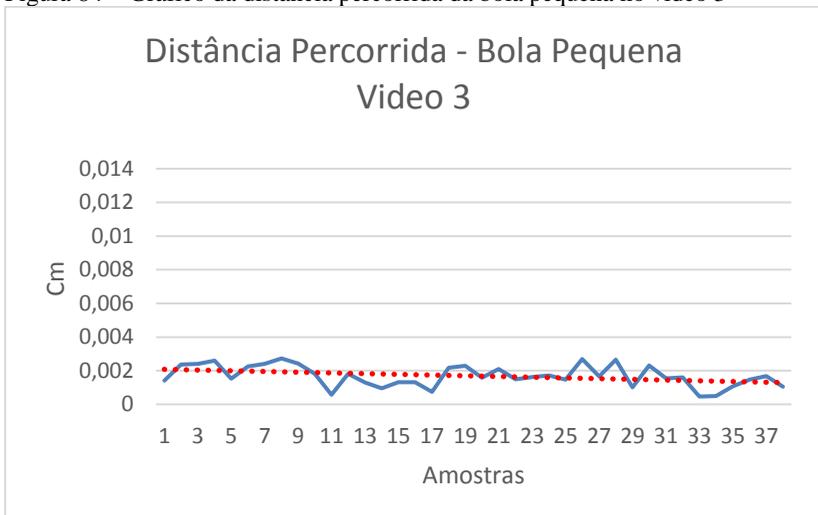
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 83 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 2



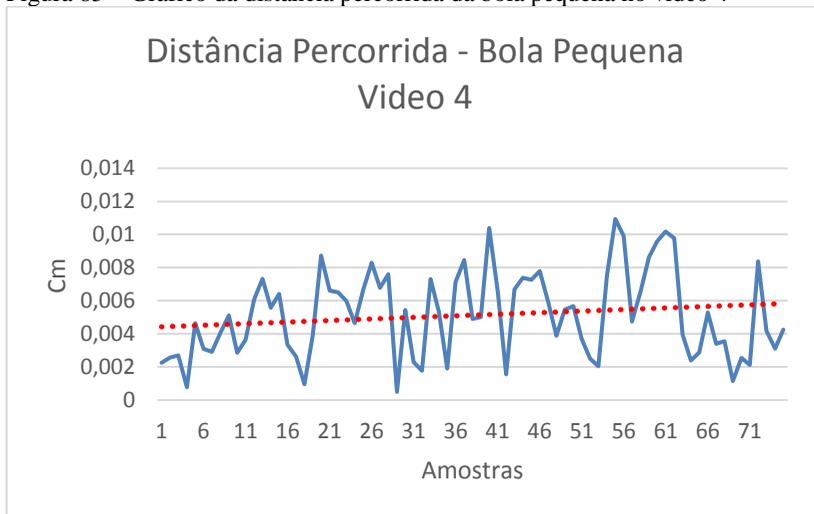
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 84 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 85 – Gráfico da distância percorrida da bola pequena no vídeo 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Após validados, os conjuntos amostrais de 150 frames de cada vídeo, correspondentes aos descritores de distância percorrida, área, comprimento e pixels alterados dos objetos rastreados, foram submetidos aos cálculos estatísticos descritivos básicos, utilizando o *software* Excel. Destes cálculos, foram extraídos os valores de média e desvio padrão, ou de soma (no caso da distância percorrida), para montar as tabelas comparativas dos valores esperados para cada descritor e os valores obtidos pelo *software* em cada formato de vídeo dos objetos imóveis, bola grande e bola pequena. As comparações estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Tabelas câmeras e formatos de vídeos distintos

<i>Varição de câmeras e formatos de vídeo: Bola grande no centro da arena</i>	Valores Esperados	Valores Obtidos no			
		Vídeo 1	Vídeo 2	Vídeo 3	Vídeo 4
Distância Percorrida (cm)	0	0,0036 ± 0,0019	0,0021 ± 0,0013 *	0,0012 ± 0,0006 *	0,0031 ± 0,0019 *
Distância Total (cm)	0	0,5419	0,315	0,0445	0,2349
Área do Objeto (cm <sup>2</sup> )	44,16	52,7359 ± 0,0378	52,6634 ± 0,0337 *	52,4701 ± 0,0123 *	50,8613 ± 0,029 *
Comprimento do Objeto (cm)	7,5	9,0304 ± 0,6607	9,3462 ± 0,6853 *	9,059 ± 0,822	9,0782 ± 0,9503
Pixels Alterados (px)	0	2222,0667 ± 106,3283	1977,2333 ± 426,7579 *	3835,8684 ± 1295,772 *	5189,9333 ± 301,1562 *

(\*) p<0,05 comparado com os dados relativos ao vídeo 1

<i>Varição de câmeras e formatos de vídeo: Bola pequena no centro da arena</i>	Valores Esperados	Valores Obtidos no			
		Vídeo 1	Vídeo 2	Vídeo 3	Vídeo 4
Distância Percorrida (cm)	0	0,0047 ± 0,0026	0,002 ± 0,002 *	0,0017 ± 0,0006 *	0,0051 ± 0,0026
Distância Total (cm)	0	0,7035	0,293	0,0641	0,3848
Área do Objeto (cm <sup>2</sup> )	7,065	9,2303 ± 0,0258	9,1005 ± 0,0166 *	8,7525 ± 0,0098 *	8,8789 ± 0,0178 *
Comprimento do Objeto (cm)	3	3,5 ± 0,285	3,663 ± 0,2594 *	3,7464 ± 0,3074 *	3,6317 ± 0,3097 *
Pixels Alterados (px)	0	373,6667 ± 21,6992	346,4133 ± 81,3214 *	1122,7368 ± 307,2677 *	1169,2267 ± 75,2007 *

(\*) p<0,05 comparado com os dados relativos ao vídeo 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016)

Analisando as tabelas comparativas, é possível observar que as medidas de distância percorrida entre frames consecutivos, que deveria ser nula para as bolas grande e pequena, independentemente do formato de vídeo, uma vez que esses objetos estão imóveis, apresentaram erros na escala de centésimos de milímetro. Esses valores numéricos indicam um tremor dos centroides ao longo das gravações, que também foi observado anteriormente nos gráficos de distância percorrida. Conseqüentemente, tais erros implicam em distâncias percorridas totais também diferentes de zero em todos os casos, apresentando valores na escala de milímetros.

Com relação a área dos objetos, os valores esperados para a bola grande e para a bola pequena eram respectivamente  $44,16 \text{ cm}^2$  e  $7,065 \text{ cm}^2$ , independentemente do formato de vídeo analisado. Entretanto os valores calculados também apresentaram variações. Para a bola grande, as variações foram, em média, de 19,42% no vídeo 1, 19,26% no vídeo 2, 18,82% no vídeo 3 e 15,18% no vídeo 4. Para a bola pequena, as variações foram, em média, de 30,65% no vídeo 1, 28,81% no vídeo 2, 23,89% no vídeo 3 e 25,67% no vídeo 4.

Quanto ao comprimento do objeto, o resultado esperado para a bola grande era de 7,5 cm e para a bola pequena, 3 cm, em todas os vídeos analisados. Novamente, ambos os objetos apresentaram variações nos resultados em cada vídeo. Para a bola grande, as variações foram, em média, de 20,41% no vídeo 1, 24,62% no vídeo 2, 20,79% no vídeo 3 e 21,04% no vídeo 4. Para a bola pequena, as variações foram, em média, de 16,67% no vídeo 1, 22,1% no vídeo 2, 24,88% no vídeo 3 e 21,06% no vídeo 4.

Por fim, quanto a quantidade de pixels alterados entre frames consecutivos, é possível observar que tanto para a bola grande quanto para a bola pequena, esses valores não foram nulos em nenhum dos formatos de vídeo. Essas quantidades indicam um erro intrínseco de cada formato de vídeo, correspondente ao ruído gerado durante a gravação ou conversão dos vídeos.

Assim como na etapa de validação anterior, para avaliar se houveram diferenças estatisticamente significativas entre as variações de cada caso, realizou-se os testes não paramétricos.

Nessa etapa de validação, para cada descritor analisado, aplicou-se primeiramente o teste de Friedman entre todas as amostras (vídeos 1, 2, 3 e 4) de cada objeto, para descobrir se há diferença estatística significativa entre os quatro grupos analisados. Para complementar o teste e verificar se o resultado obtido se repete quando analisadas todas as amostras

combinadas duas a duas, efetuou-se o teste de Wilcoxon entre os quatro grupos.

Para as distâncias percorridas referentes a bola grande, os testes de Friedman e Wilcoxon entre os quatro grupos (vídeos 1, 2, 3 e 4) apresentaram valores de p menor que 0,05 em todos os casos, indicando que existe diferença significativa entre os grupos analisados. Ou seja, para a bola grande, a distância percorrida calculada pelo *software* está sendo influenciada pelas especificações de formatos de vídeos. Por sua vez, para a bola pequena, o teste de Friedman da distância percorrida entre os grupos também resultou em p menor que 0,05. Porém o teste de Wilcoxon avaliou duas exceções entre os vídeos 1 e 4 e entre os vídeos 3 e 2, atribuindo para esses pares um p maior que 0,05. Dessa forma, pode-se concluir que para a bola pequena, a distância percorrida calculada pelo *software* é influenciada pelas especificações de formato de vídeo, exceto entre os vídeos 1 e 4 e para os vídeos 3 e 2 que não apresentam diferença estatística significativa entre si. Para esse descritor de distância percorrida, foi realizado mais um teste de Wilcoxon entre amostras da bola grande e da bola pequena, o qual apresentou p menor que 0,05, significando que o cálculo da distância percorrida é influenciado pelo tamanho do objeto. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 10 e 11 e nos gráficos apresentados nas Figuras 86 a 88.

Tabela 10 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distâncias percorridas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Distância percorrida - bola grande video 1	0,003727	0,001791
Distância percorrida - bola grande video 2	0,001746 *	0,001195
Distância percorrida - bola grande video 3	0,001172 *	0,000573
Distância percorrida - bola grande video 4	0,003669 *	0,002042

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 42,15789 p = ,00000

(\*) p<0,05 comparado com os dados relativos ao vídeo 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 11 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distâncias percorridas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

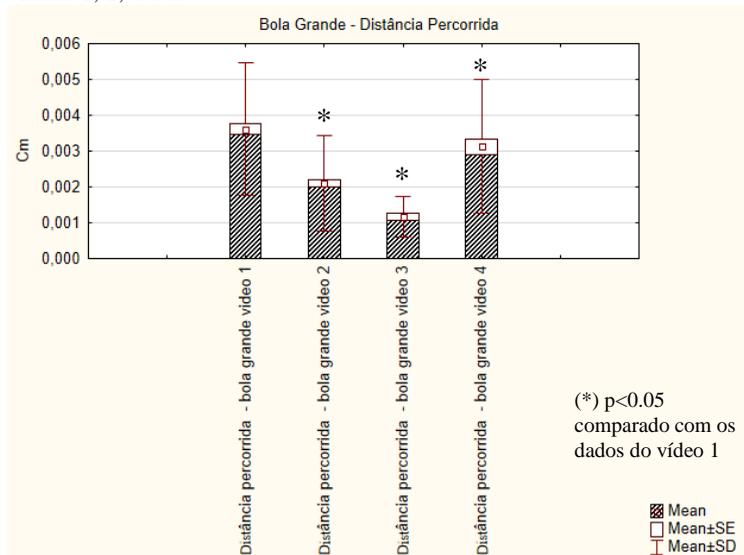
	Mean	Std.Dev.
Distância percorrida - bola pequena video 1	0,004141	0,002610
Distância percorrida - bola pequena video 2	0,001407 *	0,001470
Distância percorrida - bola pequena video 3	0,001687 *	0,000637
Distância percorrida - bola pequena video 4	0,004678	0,002303

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))  
ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 44,96817  $p = ,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

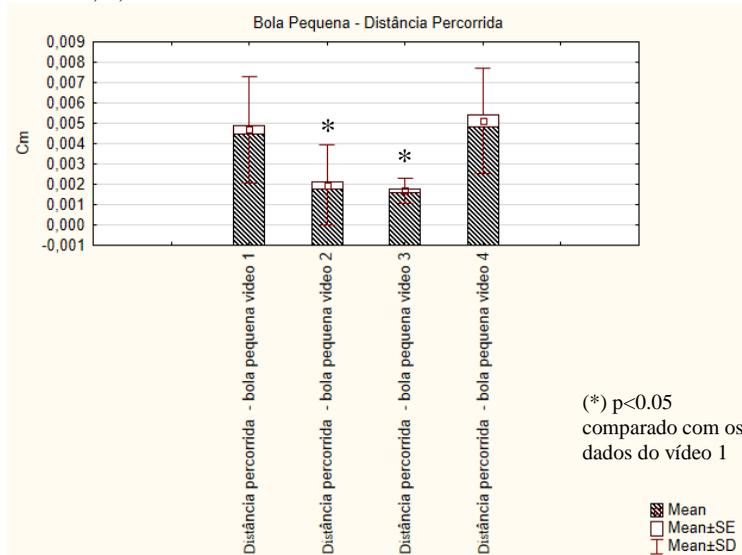
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 86 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



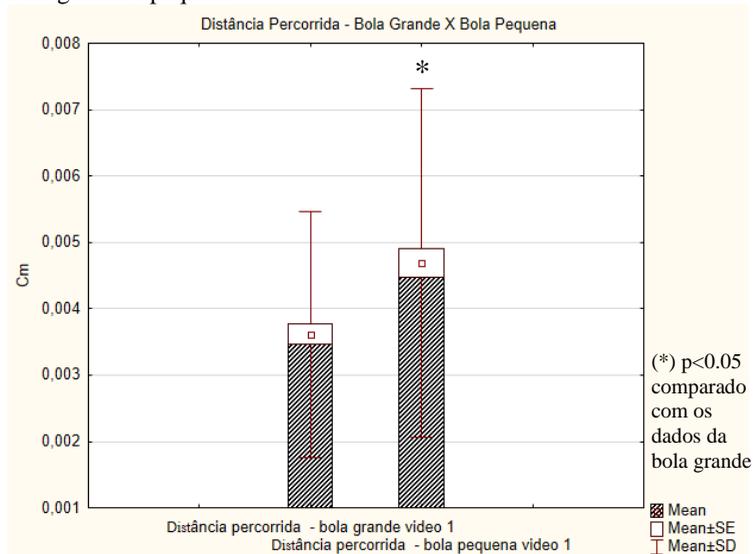
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 87 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 88 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas entre bola pequena entre bola grande e pequena



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para o descritor de área, os testes de Friedman e Wilcoxon entre os quatro grupos (vídeos 1, 2, 3 e 4), referentes a bola grande e a bola pequena, apresentaram valores de  $p$  menor que 0,05 em todos os casos, indicando que existe diferença significativa entre os grupos analisados. Ou seja, ambos os objetos, a área calculada pelo *software* está sendo influenciada pelas especificações de formatos de vídeos. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 12 e 13 e nos gráficos apresentados nas Figuras 89 e 90.

Tabela 12 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Área - bola grande vídeo 1	52,740318	0,037116
Área - bola grande vídeo 2	52,678416 *	0,036211
Área - bola grande vídeo 3	52,470068 *	0,012322
Area - bola grande vídeo 4	50,863342 *	0,030178

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 110,6842  $p = 0,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 13 – Teste de Friedman e Wilcoxon das áreas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Área - bola pequena vídeo 1	9,231163	0,027729
Área - bola pequena vídeo 2	9,114682 *	0,009232
Área - bola pequena vídeo 3	8,752527 *	0,009813
Area - bola pequena vídeo 4	8,880725 *	0,016999

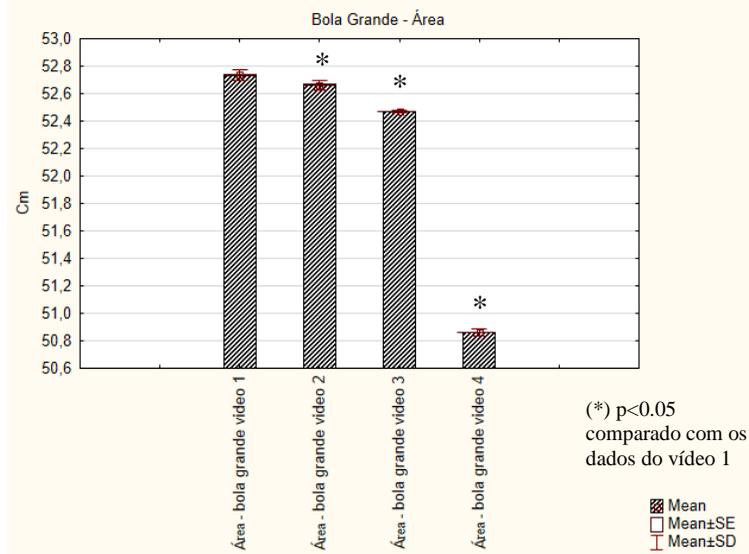
Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 114,0000  $p = 0,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

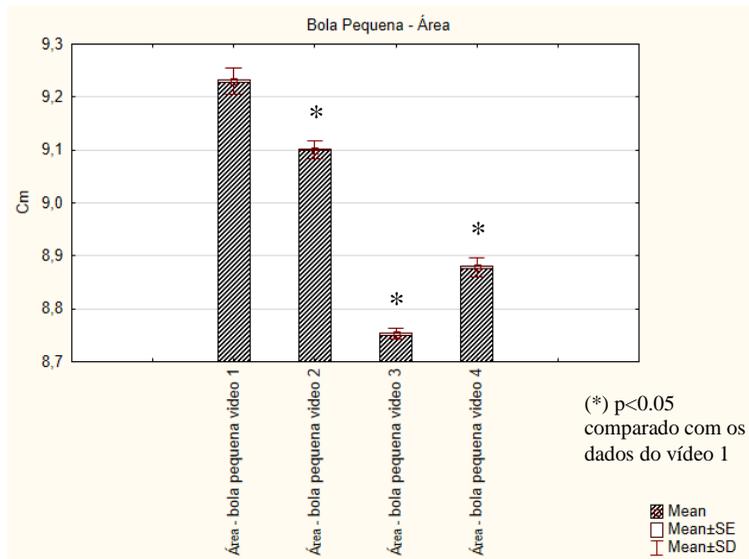
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 89 – Gráfico boxplot das áreas da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 90 – Gráfico boxplot das áreas da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para os comprimentos referentes a bola grande, o teste de Friedman entre os quatro grupos (vídeos 1, 2, 3 e 4) apresentou um valor de  $p$  maior que 0,05, indicando que não existe diferença significativa entre os grupos analisados. Mas, o teste de Wilcoxon, detectou uma exceção entre os vídeos 1 e 2, atribuindo para esse par, um valor de  $p$  menor que zero. Ou seja, para a bola grande, o comprimento calculado pelo *software* só é influenciado pelas especificações de formatos de vídeos quando comparados os vídeos 1 e 2. Por sua vez, para a bola pequena, o teste de Friedman, correspondente ao comprimento entre os quatro grupos, resultou em  $p$  menor que 0,05. Porém o teste de Wilcoxon avaliou duas exceções entre os vídeos 2 e 3 e entre os vídeos 2 e 4, atribuindo para esses pares um  $p$  maior que 0,05. Dessa forma, pode-se concluir que para a bola pequena, a distância percorrida calculada pelo *software* é influenciada pelas especificações de formato de vídeo, exceto entre os vídeos 2 e 3 e para os vídeos 2 e 4, que não apresentam diferença estatística significativa entre si. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 14 e 15 e nos gráficos apresentados nas Figuras 91 e 92.

Tabela 14 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Comprimento - bola grande video 1	8,885854	0,521695
Comprimento - bola grande video 2	9,335218 *	0,675481
Comprimento - bola grande video 3	9,058969	0,821971
Comprimento - bola grande video 4	9,123389	0,995675

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 7,042105  $p = ,07057$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 15 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos comprimentos da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Comprimento - bola pequena video 1	3,411526	0,144444
Comprimento - bola pequena video 2	3,825608 *	0,252557
Comprimento - bola pequena video 3	3,746442 *	0,307415
Comprimento - bola pequena video 4	3,615949 *	0,287525

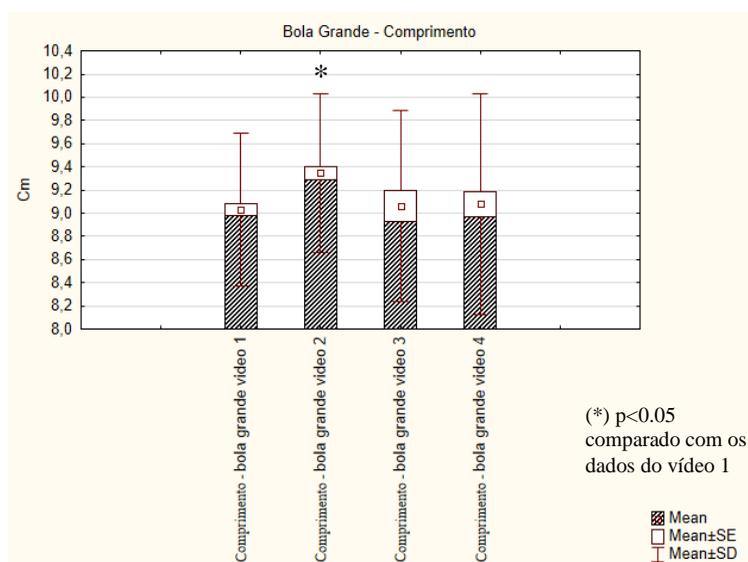
Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 37,95789  $p = ,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

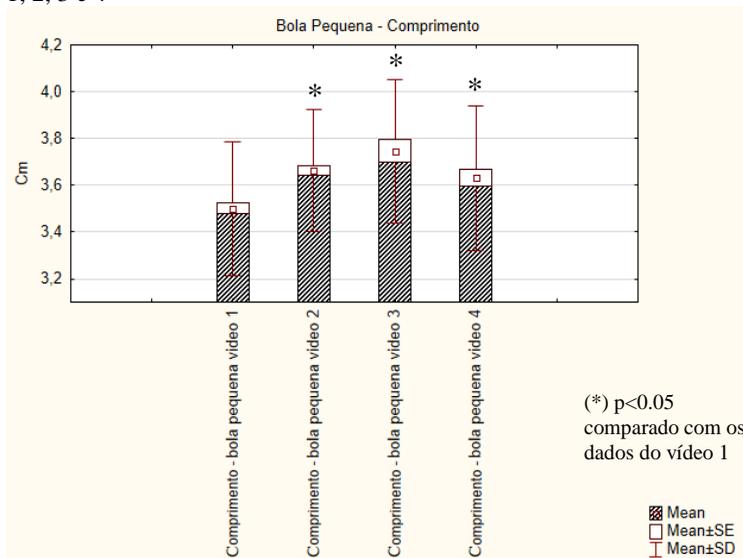
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 91 – Gráfico boxplot dos comprimentos da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 92 – Gráfico boxplot dos comprimentos da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Finalizando essa etapa de validação, o último descritor analisado foi o de quantidade de pixels alterados. Para esse descritor, referente a bola grande, os testes de Friedman e Wilcoxon entre os quatro grupos (vídeos 1, 2, 3 e 4) apresentaram valores de  $p$  menor que 0,05 em todos os casos, indicando que existe diferença significativa entre os grupos analisados. Ou seja, para a bola grande, a quantidade de pixels alterados sofre influência das especificações de formatos de vídeos. Por sua vez, para a bola pequena, o teste de Friedman correspondente aos pixels alterados, entre os quatro grupos, também resultou em  $p$  menor que 0,05. Porém o teste de Wilcoxon avaliou uma exceção entre os vídeos 3 e 4, atribuindo para esse par um  $p$  maior que 0,05. Dessa forma, pode-se concluir que para a bola pequena, a distância percorrida calculada pelo *software* é influenciada pelas especificações de formato de vídeo, exceto entre os vídeos 3 e 4, que não apresentam diferença estatística significativa entre si. Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 16 e 17 e nos gráficos apresentados nas Figuras 93 e 94.

Tabela 16 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos pixels alterados da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Pixels alterados - bola grande video 1	2195,026316	106,447674
Pixels alterados - bola grande video 2	1966,868421 *	442,293175
Pixels alterados - bola grande video 3	3835,868421 *	1295,772047
Pixels alterados - bola grande video 4	5166,473684 *	327,270591

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 89,17895  $p=0,00000$

(\*)  $p<0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 17 – Teste de Friedman e Wilcoxon dos pixels alterados da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Pixels alterados - bola pequena video 1	369,131579	20,870477
Pixels alterados - bola pequena video 2	347,842105 *	85,000644
Pixels alterados - bola pequena video 3	1122,736842 *	307,267705
Pixels alterados - bola pequena video 4	1163,236842 *	76,337244

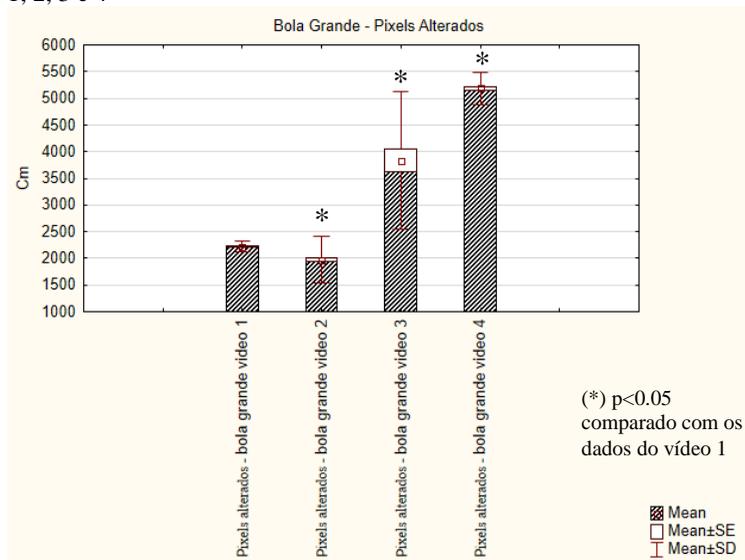
Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 38, df = 3) = 91,51579  $p=0,00000$

(\*)  $p<0,05$  comparado com os dados relativos ao vídeo 1

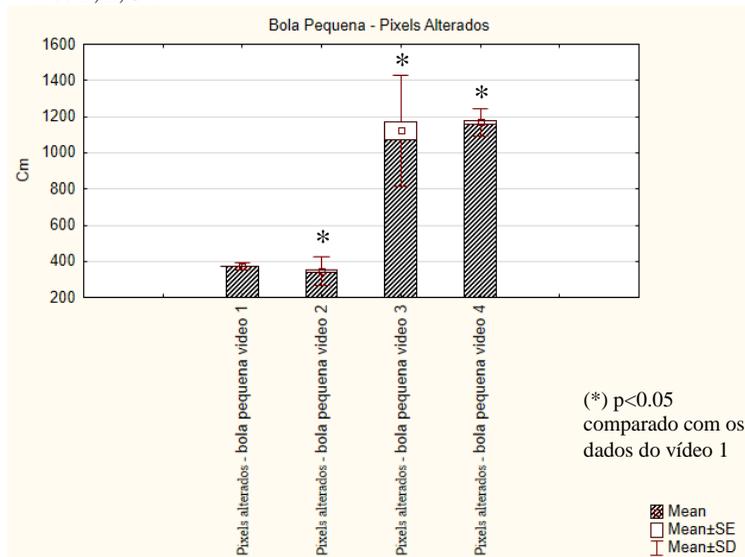
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 93 – Gráfico boxplot dos pixels alterados da bola grande entre os vídeos 1, 2, 3 e 4



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 94 – Gráfico boxplot dos pixels alterados da bola pequena entre os vídeos 1, 2, 3 e 4

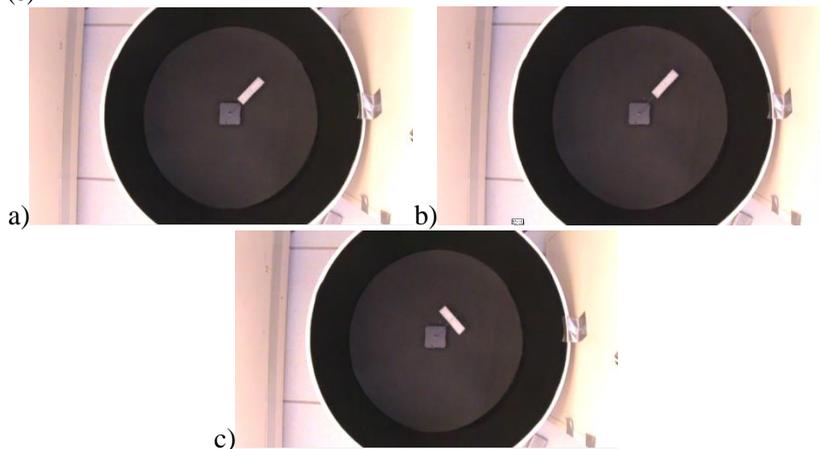


Fonte: Produção do próprio autor (2016).

### 4.2.3 Rastreamento de objetos em movimento

Nessa etapa de calibração, foram analisados um total de três vídeos referentes a um objeto de forma retangular acoplado ao ponteiro segundos de um relógio posicionados em diferentes configurações, caracterizadas pela distância ao centro do relógio (6 cm, 8 cm ou 10 cm do centro) e pela sua orientação (paralelo ou perpendicular à direção do ponteiro). Nessa sessão, essas configurações serão denominadas de posição 1, posição 2 e posição 3, sendo 1 e 2 referentes ao objeto paralelo ao ponteiro e distantes do centro a, respectivamente, 8 cm e 10 cm, e 3 referente ao objeto orientado perpendicularmente ao ponteiro, distante 6 cm do centro. O resultado da disposição dos objetos em cada vídeo, correspondente a cada uma dessas posições, pode ser observado na Figura 95.

Figura 95 – Disposição do objeto de forma retangular nas posições 1(a), 2 (b) e 3 (c)



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Antes de iniciar as análises estatísticas, para certificar a validade das amostras selecionadas, foram gerados os gráficos da distância percorrida em cada vídeo e, a partir deles, as respectivas linhas de tendências (Figuras 96 a 98). A partir desses gráficos, pode-se observar que há uma variação dos valores de distância percorrida em cada caso, na escala de milímetros e décimos de milímetro. Mas embora exista esse tremor nos gráficos, os baixos coeficientes angulares das linhas de tendência, nos indica uma variação padrão dos dados em todos os casos, sem nenhuma variação brusca.

Figura 96 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 1



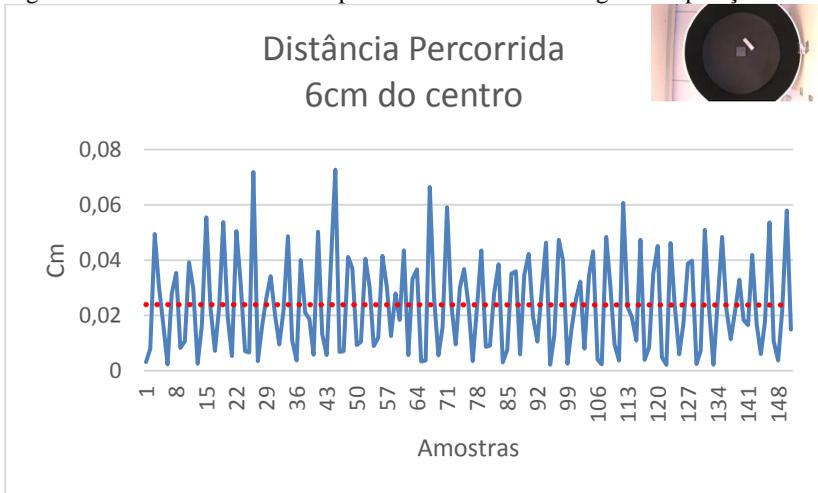
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 97 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 2



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

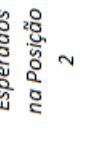
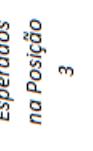
Figura 98 – Gráfico da distância percorrida da forma retangular na posição 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Após validados, os conjuntos amostrais de 150 frames de cada vídeo, correspondentes aos descritores de distância percorrida e variação angular entre frames, foram submetidos aos cálculos estatísticos descritivos básicos, utilizando o *software* Excel. Destes cálculos, foram extraídos os valores de média, desvio padrão e soma, para montar a tabela comparativa dos valores esperados para cada descritor e os valores obtidos pelo *software* em cada posição do objeto em movimento. As comparações estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Tabelas câmeras e formatos de vídeos distintos

Objetos em movimento: Ponteiro Segundas	Valores Obtidos na Posição 1		Valores Obtidos na Posição 2		Valores Obtidos na Posição 3	
	Valores Esperados na Posição 1	Valores Esperados na Posição 2	Valores Esperados na Posição 2	Valores Esperados na Posição 3	Valores Esperados na Posição 3	Valores Obtidos na Posição 3
						
Distância Percorrida (cm)	0,0279	0,0491 ± 0,0314	0,0349	0,0638 ± 0,0467 *	0,0209	0,0238 ± 0,0173 *
Distância Total (cm)	4,19	7,4067	5,23	9,6299	3,14	3,5958
Varição Angular(°)	0,2	0,1952 ± 1,1539	0,2	-0,1884 ± 1,1789 *	0,2	-0,196 ± 1,2894 *
Varição Angular Total (°)	30	29,4814	30	-28,4549	30	-29,6007

(\*) p<0,05 comparado com os dados relativos ao posição 1  
 Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Analisando as tabelas comparativas, é possível observar que houveram variações para a distância percorrida entre frames consecutivos, quando comparada aos resultados esperados para cada posição do objeto rastreado. A distância percorrida esperada se refere ao arco de circunferência que o ponteiro percorre durante o tempo de execução de um frame. Portanto, esse valor depende do raio do ponteiro, ou seja, da distância que o objeto se encontra em relação ao centro do relógio. Sendo assim, as distâncias percorridas esperadas para o objeto nas posições 1, 2 e 3 são, respectivamente, 0,0279 cm, 0,0349 cm e 0,0209 cm. A média dos valores calculados pelo *software* para esse descritor, apresentam variações com relação aos valores esperados, na escala de décimos de milímetros. Essas variações indicam um tremor dos centroides ao longo das gravações, que também foi observado anteriormente nos gráficos de distância percorrida. Consequentemente, tais erros implicam em distâncias percorridas totais também diferentes dos valores esperados, apresentando variações na escala de centímetros. Para a posição 1, a distância percorrida total calculada foi de 7,4067 cm, enquanto que a distância esperada era de 4,9 cm, o que representa um percentual de 176, 77%. Para a posição 2, a distância percorrida total calculada foi de 9,6299 cm, enquanto que a distância esperada era de 5,23 cm, o que representa um percentual de 184,13%. Já para a posição 3, a distância percorrida total calculada foi de 3,5958 cm, enquanto que a distância esperada era de 3,14 cm, o que representa um percentual de 114,52%.

Quanto a variação angular entre frames, os cálculos executados pelo *software* também apresentaram erros quando comparados aos valores esperados em cada posição. A variação angular esperada se refere ao ângulo percorrido pelo ponteiro durante o tempo de execução de um frame. Portanto, esse valor independe do raio do ponteiro e da posição em que objeto rastreado se encontra, e é correspondente a  $0,2^\circ$ . Esses erros são repassados para o cálculo da variação angular total do objeto nas três posições analisadas, cujo valor esperado é de  $30^\circ$ . Para a posição 1, variação angular total calculada foi de  $29,4814^\circ$ , o que representa um percentual de 98, 27% do valor esperado. Para a posição 2, a variação angular total calculada foi de  $-28,4549^\circ$ , o que representa um percentual de 94,85% do valor esperado. Já para a posição 3, a variação angular total calculada foi de  $-29,6007^\circ$ , o que representa um percentual de 98,67% do valor esperado.

Semelhante as etapas de validação anteriores, para avaliar se houveram diferenças estatisticamente significativas entre as variações de cada caso, realizou-se os testes não paramétricos.

Nessa etapa de validação, para os dois descritores analisados, aplicou-se primeiramente o teste de Friedman entre todas as amostras (posições 1, 2 e 3) para descobrir se há diferença estatística significativa entre os três grupos analisados. Para complementar o teste e verificar se o resultado obtido se repete quando analisadas todas as amostras combinadas duas a duas, efetuou-se o teste de Wilcoxon entre os três grupos.

Para as distâncias percorridas, os testes de Friedman e Wilcoxon entre os três grupos (posições 1, 2 e 3) apresentaram valores de  $p$  menor que 0,05 em todos os casos, indicando que existe diferença significativa entre os grupos analisados. Ou seja, a distância percorrida calculada pelo *software* está sendo influenciada pelo posicionamento e orientação do objeto retangular em relação ao ponteiro.

Por sua vez, para o descritor de variação angular, o teste de Friedman entre os grupos também resultou em  $p$  menor que 0,05. Porém o teste de Wilcoxon avaliou uma exceção entre as posições 2 e 3 do objeto retangular, atribuindo para esse pare um  $p$  maior que 0,05. Dessa forma, pode-se concluir que a variação angular calculada pelo *software* é influenciada pelo posicionamento e orientação do objeto retangular em relação ao ponteiro, exceto entre os casos de posicionamento 2 e 3, que não apresentam diferença estatística significativa entre si.

Os resultados desses testes podem ser observados nas Tabelas 19 e 20 e nos gráficos apresentados nas Figuras 99 e 100.

Tabela 19 – Teste de Friedman e Wilcoxon das distancias percorridas entre as posições 1, 2 e 3

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Distância percorrida - Posição 1	0,049051	0,031402
Distância percorrida - Posição 2	0,063774 *	0,046708
Distância percorrida - Posição 3	0,023813 *	0,017258

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1)

ANOVA Chi Sqr. (N = 151, df = 2) = 65,65563  $p = ,00000$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 20 – Teste de Friedman e Wilcoxon das variações angulares entre as posições 1, 2 e 3

	<i>Mean</i>	<i>Std.Dev.</i>
Variação angular - Posição 1	0,195241	1,153902
Variação angular - Posição 2	-0,188443 *	1,178883
Variação angular - Posição 3	-0,196031 *	1,289402

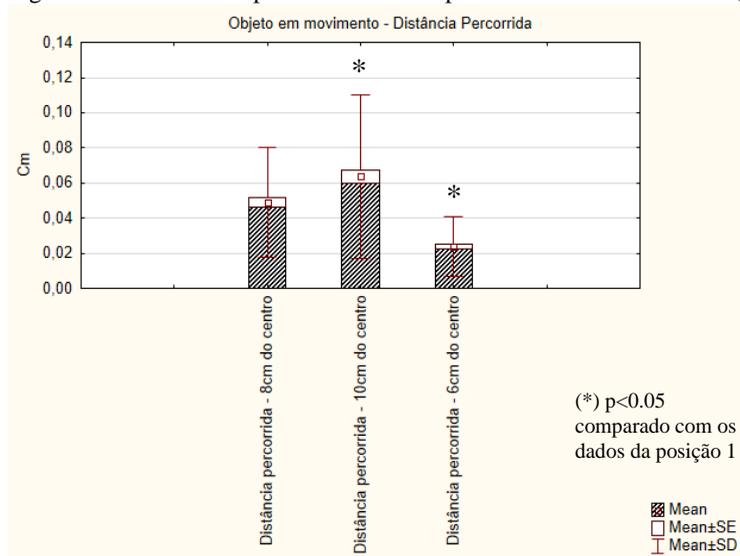
Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance  
(Spreadsheet1\_(Recovered))

ANOVA Chi Sqr. (N = 151, df = 2) = 12,13245  $p = ,00232$

(\*)  $p < 0,05$  comparado com os dados relativos a posição 1

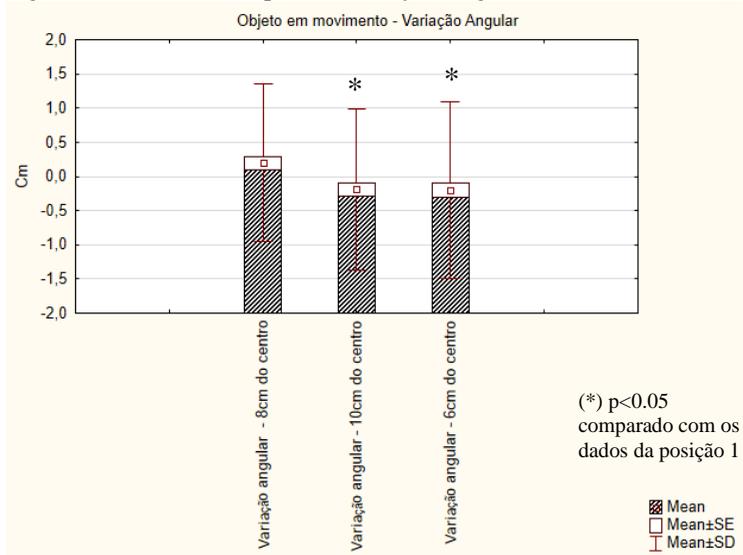
Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 99 – Gráfico boxplot das distâncias percorridas entre os vídeos 1, 2 e 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 100 – Gráfico boxplot das variações angulares entre os vídeos 1, 2 e 3



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

#### 4.2.4 Algoritmo de fuga do objeto rastreado

Neste esse teste de validação, o vídeo selecionado foi processado pela nova versão ETHOWATCHER® e pela versão anterior, para verificar a quantidade de fugas do animal registradas e a distância percorrida total do animal.

Os resultados dessa validação podem ser observados na Tabela 21.

Tabela 21 – Resultados do teste de fuga do objeto rastreado

<i>Fuga do objeto rastreado</i>	<i>Primeira versão do ETHOWATCHER®</i>	<i>Nova versão do ETHOWATCHER®</i>
Quantidade de fugas	88	157
Distância total percorrida (px)	3822	549

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Para inserir a quantidade de fugas do objeto rastreado na primeira versão do *software*, foram contabilizados os frames cujos valores das coordenadas cartesianas equivalem a zero. Isso foi realizado pois nessa

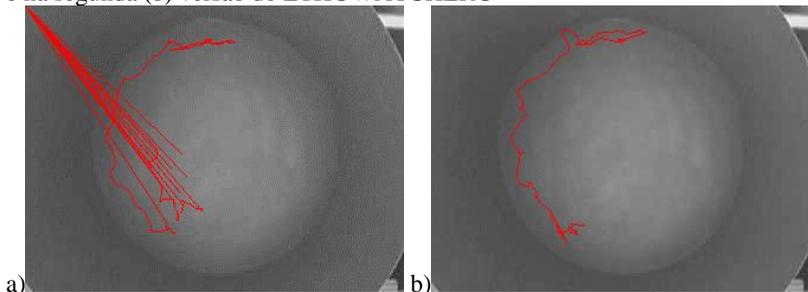
versão não existe um algoritmo de fuga do animal, e para os frames em que não são encontrados um objeto rastreado, os valores desses descritores correspondentes (coordenadas cartesianas) são zerados. Já para a nova versão desenvolvida, foram contabilizados os frames marcados com a etiqueta de animal não encontrado.

Os valores correspondentes as quantidades de fuga do objeto rastreado não foram iguais nas duas versões, uma vez que na segunda versão é considerado fuga nos casos que o processo de segmentação do plano de fundo resulta em nenhum contorno de objeto ou a contornos se objetos cuja área seja menor do que oito pixels. Logo, de um total de 500 frames, na primeira versão foram contabilizados 88 frames que em que não foi encontrado nenhum objeto e na segunda versão, foram contabilizados os mesmos 88 frames e mais 69 frames cuja a área do objeto encontrado é menor que oito pixels.

Já com relação aos valores de distância total percorrida, na primeira versão, menos com menos casos de fuga, esse descritor foi calculado como 3822 pixels, enquanto que na segunda versão, esse descritor corresponde a 549 pixels. Ou seja, a diferença percentual entre os dois casos é de 696,17%. Isso indica que a não existência de um algoritmo de fuga implica em um valor errôneo para o descritor de distância percorrida, enquanto que o desenvolvimento desse algoritmo para a nova versão, agregou maior confiabilidade nesse descritor.

Esse erro de cálculo na distância percorrida, é perceptível ao observar a imagem da rota do animal gerada pela primeira versão do *software*. Comparando com a imagem gerada pela nova versão, é possível perceber a reparação desse erro (Figura 101).

Figura 101 – Saídas gráficas das rotas percorridas pelos animais na primeira (a) e na segunda (b) versão do ETHOWATCHER®



Fonte: Produção do próprio autor (2016).

#### 4.2.5 Segmentação temporal e espacial

Neste esse teste de validação, o vídeo selecionado foi processado duas vezes pela nova versão ETHOWATCHER®, para verificar a segmentação temporal e espacial dos frames processados no relatório gerado.

No primeiro teste (Calibração 1), o vídeo foi calibrado para duas áreas poligonais retangulares, dividindo arena em dois hemisférios (direito e esquerdo). No segundo teste (Calibração 2), o vídeo foi calibrado abordando as áreas matriciais, dividindo a arena circular em quatro quadrantes.

Os resultados dessa validação podem ser observados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 – Resultados do teste segmentação temporal

<i>Segmentação Temporal</i>	<i>Calibração 1 Tempo (s)</i>	<i>Calibração 1 Frame</i>	<i>Calibração 2 Tempo (s)</i>	<i>Calibração 2 Frame</i>
Primeiro Segmento	29,029	870	14,5145	435
Segundo Segmento	29,029	870	14,5145	435
Terceiro Segmento	2,002	61	14,5145	435
Quarto Segmento	-	-	14,5145	435
Quinto Segmento	-	-	2,002	61
<b>Total</b>	<b>60,06</b>	<b>1801</b>	<b>60,06</b>	<b>1801</b>

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Tabela 23 – Resultados do teste segmentação espacial

<i>Segmentação Espacial</i>	<i>Calibração 1</i>	<i>Calibração 2</i>
Primeiro Área	906	458
Segundo Área	880	443
Terceiro Área		462
Quarto Área	-	438
<b>Total</b>	<b>1786</b>	<b>1801</b>

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Na segmentação temporal, foi utilizado o intervalo de 30 segundos para a Calibração 1 e de 15 segundos para a Calibração 2. O intervalo total de vídeo processado corresponde a 1801 frames, ou seja, 60,03 segundos considerando a taxa de frames de 30 fps. Logo, o esperado é que o primeiro caso fosse segmentado em dois intervalos de 30 segundos com 900 frames cada um, e o segundo caso fosse segmentado em 4 intervalos de 15 segundos com 450 frames cada um.

Entretanto o resultado obtido não foi o esperado, pois a quantidade real de taxa de frames por segundo que o vídeo tem é de aproximadamente 29fps. O arquivo de vídeo contém uma taxa variável de frames em torno de 29fps, mas em suas propriedades, aproxima esse valor real para o valor mais usual de 30fps. Sendo assim, reajustando os cálculos, os 1801 frames correspondem a 62,10 segundos que é aproximadamente igual ao somatório de tempo dos três segmentos temporais em que o vídeo foi dividido no primeiro caso e também ao somatório de tempo dos cinco segmentos temporais em que o vídeo foi dividido no segundo caso.

Se a cada segundo 29 frames são processados, em 30 segundos, 870 frames são processados e em 15 segundos, 435 frames. Esses valores correspondem aos intervalos de vídeo segmentados temporalmente no primeiro e no segundo caso. Além disso, a soma dos frames de cada segmento, em cada caso, resultou no total de frames do vídeo.

Com relação a segmentação espacial, pelo fato de trajetória do objeto ser uma circunferência completa e as áreas subdividirem a arena com relação ao seu meio, no primeiro caso, o esperado era que metade dos frames (900) fossem processados para cada uma das duas áreas e, no segundo caso, um quarto dos frames (450) fossem processados para cada uma das quatro áreas. Observando a Tabela 23, esses valores foram distribuídos aproximadamente da maneira como era esperado. Essa variação ocorreu pelo fato de o deslocamento do ponteiro de segundos apresentar tremores, ou seja, a distância percorrida entre frames é variável.

Além disso, também é observado que para a calibração com áreas poligonais, a soma de frames processados para cada uma das áreas, teve uma diferença de 15 unidades para o total de frames do vídeo processados. Isso significa que dos 1801 frames processados, 15 não foram atribuídos nem para Área 1, nem para Área 2, existindo, portanto, uma terceira área que não foi abordada na calibração. Isso pode acontecer porque na etapa de calibração é o usuário que desenha as áreas poligonais, o que pode gerar uma imprecisão nas vizinhanças de bordas de cada área. Já para o segundo caso, áreas matriciais, o total de frames atribuídos a cada uma das áreas é exatamente igual a quantidade de frames processados. Nesse

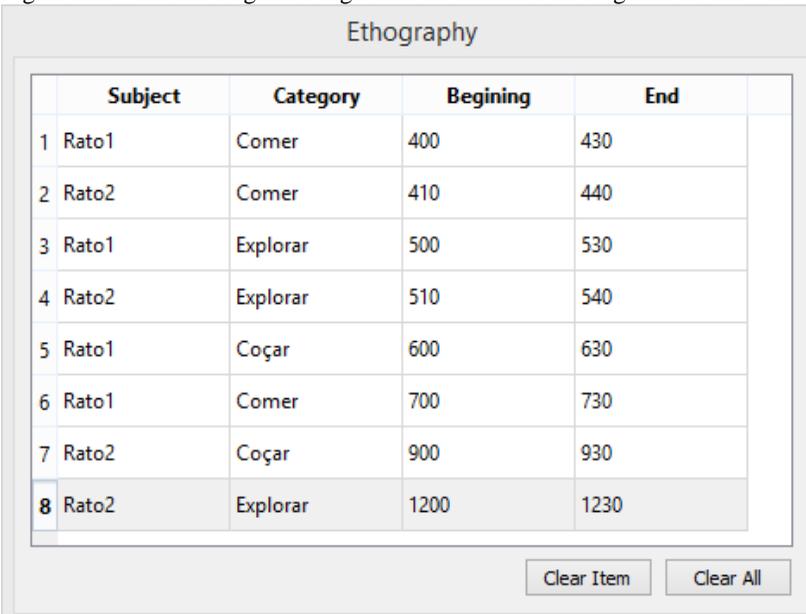
tipo de calibração, o usuário entra apenas com o número de linhas e colunas que a arena deve ser subdividida, e o *software* faz o cálculo dos limites dessa área, sendo, portanto, mais preciso.

#### 4.2.6 Algoritmos de etografia

Neste esse último teste de validação, o vídeo selecionado foi processado duas vezes pela nova versão ETHOWATCHER®, para a correspondência da análise etográfica realizada com o seu respectivo relatório.

Na primeira análise, foi utilizado o tipo de registro de eventos auto exclusivos. Foi criada uma sequência etográfica aleatória durante o processamento do vídeo de acordo com a tabela etográfica gerada pelo *software*, conforme é possível observar na Figura 102.

Figura 102 – Tabela etográfica registrada na interface de etografia do software



	Subject	Category	Beginning	End
1	Rato1	Comer	400	430
2	Rato2	Comer	410	440
3	Rato1	Explorar	500	530
4	Rato2	Explorar	510	540
5	Rato1	Coçar	600	630
6	Rato1	Comer	700	730
7	Rato2	Coçar	900	930
8	Rato2	Explorar	1200	1230

Clear Item      Clear All

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Após a emissão do relatório, os dados observados foram correspondentes ao que o usuário registrou na etologia. A sequência de eventos foi a mesma, correspondendo o sujeito e a categoria de cada evento. A duração do evento também é fidedigna a um vídeo de 30 fps,

uma vez que no registro todos os eventos têm duração de 30 frames, e o relatório, todas as durações são de 1 segundo. O resultado da etografia registrado no arquivo de relatório pode ser observado nas Figura 103.

Figura 103 – Tabela etográfica disponibilizada pelo relatório

sujeito ▾	categoria ▾	inicio ▾	final ▾	duracao ▾
Rato1	Comer	13,3333	14,3333	0,999999
Rato2	Comer	13,6667	14,6667	0,999999
Rato1	Explorar	16,6667	17,6666	0,999999
Rato2	Explorar	17	18	0,999999
Rato1	Coçar	20	21	0,999999
Rato1	Comer	23,3333	24,3333	0,999999
Rato2	Coçar	30	31	0,999999
Rato2	Explorar	40	41	0,999999

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

O mesmo protocolo foi realizado na segunda análise, mas neste caso, utilizando o tipo de registro de eventos sobrepostos. Seguem nas Figuras 104 e 105 a tabela de eventos registrada no *software* e o respectivo relatório etográfico da análise.

Figura 104 – Tabela etográfica registrada na interface de etografia do software

	Subject	Category	Beginning	End
1	Rato1	Comer	400	460
2	Rato1	Coçar	415	445
3	Rato2	Explorar	500	530
4	Rato2	Comer	520	550
5	Rato1	Explorar	700	730
6	Rato2	Comer	710	740
7	Rato2	Coçar	720	750
8	Rato1	Explorar	1200	1230

Clear Item      Clear All

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Figura 105 – Tabela etográfica disponibilizada pelo relatório

sujeito	categoria	inicio	final	duracao
Rato1	Comer	13,3333	15,3333	2
Rato1	Coçar	13,8333	14,8333	0,999999
Rato2	Explorar	16,6667	17,6666	0,999999
Rato2	Comer	17,3333	18,3333	0,999999
Rato1	Explorar	23,3333	24,3333	0,999999
Rato2	Comer	23,6666	24,6666	0,999999
Rato2	Coçar	24	25	0,999999
Rato1	Explorar	40	41	0,999999

Fonte: Produção do próprio autor (2016).

Comparando os resultados observados nas Figuras 104 e 105, é possível concluir que as informações do relatório são fidedignas quanto à sequência comportamental registrada e quanto as durações de cada evento.

## 5 DISCUSSÃO

O objetivo principal dessa tese foi o desenvolvimento de uma segunda versão do *software* ETHOWATCHER®, sobre a estrutura e ideologia de sistemas de código aberto. Diante disso, o *software*, que já permitia tanto o registro dos comportamentos dos animais, quanto a análise de sua atividade no ambiente experimental, foi acrescido de novas ferramentas que aumentaram as suas possibilidades de utilização.

O uso das bibliotecas OpenCV, em substituição às bibliotecas proprietárias de processamento de imagem utilizadas na primeira versão ETHOWATCHER® (PEDERIVA, 2005; CRISPIM JUNIOR, 2011; BOSE, 2003), facilitou o desenvolvimento dos módulos de processamento de vídeo e rastreamento do *software*. Por apresentar funções específicas para a manipulação de arquivos de vídeo e para processamento de imagens, foi uma ferramenta essencial para garantir a extração dos dados morfológicos e cinemáticos na etapa de análise etográfica. Além de ser uma ferramenta de código aberto disponível gratuitamente a comunidade, apresenta um completo manual descritivo com as referências de todas as suas funções, livros e tutoriais disponibilizado em seu site oficial ("OPENCV API REFERENCE - OPENCV 2.4.13.2 DOCUMENTATION", 2016).

A transição de plataforma de desenvolvimento do C++ Builder para o Qt Creator, permitiu a abordagem de desenvolvimento de *software* de código aberto. Para abrir o desenvolvimento do ETHOWATCHER® para a comunidade de usuários, disponibilizando seu código fonte e redistribuindo de maneira gratuita, a plataforma de desenvolvimento também deve ser compatível com o projeto de *software* livre. Essa condição não é aplicável para o C++ Builder, pois é uma plataforma de licença proprietária e comercial. Já o Qt Creator apresenta uma versão de código aberto, o que o torna condizente com essa condição para desenvolvimento de *software* livre.

Além da compatibilidade com o desenvolvimento de ferramentas de código aberto, a mudança para a plataforma Qt Creator, possibilitou a criação de novas interfaces gráficas para o ETHOWATCHER®. Com isso, foram feitas correções de “bugs” que as interfaces da primeira versão apresentavam. A correção realizada de maior relevância foi a questão de não poder realizar mais de uma análise em um único acesso ao sistema. Ou seja, na primeira versão, sempre após a finalização uma análise etográfica ou de rastreamento, era necessário fechar o *software* e reinicializá-lo para realizar uma próxima análise. Isso ocorria, pois, os dados da análise ficavam armazenados em variáveis globais, de forma que

os dados de uma análise se acumulavam para a próxima análise sequencial. No desenvolvimento da nova versão, cada nova análise é um novo objeto classe de análises, tornando-as independentes e com variáveis de armazenamentos locais. Dessa forma, não é mais necessário fechar o sistema para realizar nova etografia e/ou rastreamento, o que possibilita a utilização da mesma calibração para várias análises sequenciais.

A nova dinâmica de interfaces, permite que o usuário navegue pelo *software* com mais liberdade, sem prejudicar a execução das etapas que são dependentes entre si. Dessa forma, a navegação pela nova versão do ETHOWATCHER® não é unidirecional, o usuário pode voltar em etapas anteriores, que já foram executadas, para mudar algum parâmetro desejado sem prejudicar as demais etapas da sua análise e o resultado final (vide ferramentas botão “Avançar” e “Voltar” nas interfaces descritas). Isso caracteriza um sistema mais amigável com o usuário.

As resoluções e formatos de vídeos compatíveis com o ETHOWATCHER®, que antes eram limitados para vídeos em formato AVI com resolução espacial de 320x240 pixels, foram ampliadas. Na nova versão desenvolvida é possível abrir vídeos sem limitações de tamanho, e quanto aos formatos de arquivo, é suportado os tipos AVI, MP4, MPEG, MPG, WMV e DIVX. Dentre esses formatos, foram testados vídeos AVI, MP4, MPG e DIVX, sendo que, para cada formato, houveram exemplares que foram abertos e reproduzidos com sucesso pelo *software*, e exemplares que não foram abertos ou então reproduzidos com deformação na velocidade de reprodução e/ou resolução. Isso ocorre porque não há um único padrão na codificação e decodificação dos dados de um arquivo de mídia, de forma que arquivos de mesmo formato possam exigir decodificadores distintos para serem acessados. Portanto, o sucesso do processamento de alguns tipos de vídeo dependerá dos decodificadores de mídia instalados na máquina computacional que está executando o *software*.

Quanto a etapa de calibração, novas ferramentas estão disponíveis. A primeira novidade dessa etapa é o controle de velocidade do vídeo. Esse controle permite executar vídeo carregado em câmera lenta ou em avanço rápido. Uma das vantagens dessa ferramenta está associada a segunda novidade dessa interface, que é a calibração em modo contínuo da segmentação do animal com o plano de fundo da arena. Na versão anterior, o usuário podia calibrar a segmentação (determinar os valores, de limiarização e erosão) utilizando apenas um frame do vídeo. Dessa forma, embora o usuário tenha um feedback visual dos parâmetros segmentação, esse corresponde a apenas um frame do vídeo, não garantindo que os parâmetros selecionados sejam adequados para os

demais frames. Nessa nova versão, o feedback visual é referente a todo o vídeo, uma vez que ao selecionar os parâmetros de limiarização e erosão, o usuário visualiza na tela o vídeo segmentado em execução, e não apenas um frame. Assim, é possível ajustar os parâmetros em tempo real a execução do vídeo durante a calibração. Contudo, a ferramenta de avanço rápido do vídeo durante essa etapa, permite ao usuário uma visão geral e rápida da segmentação durante a execução do vídeo, sem demandar o tempo correspondente à duração de todo o vídeo. Essa possibilidade pode acarretar em uma escolha de níveis de limiarização e erosão mais adequados e coerentes para a segmentação de cada arquivo de vídeo.

A nova ferramenta de calibração de escala do vídeo confere maior flexibilidade nessa tarefa. Para calcular a escala anteriormente no ETHOWATCHER®, o *software* utilizava o diâmetro (se for circular) ou o comprimento da base (se for retangular) da área determinada pelo usuário e o valor de entrada correspondente em centímetros dessa medida. Já na nova versão, o usuário desenha sobre o vídeo uma reta qualquer do seu interesse, e calibra a escala a partir das medidas dessa reta. Assim, a escala pode ser calibrada a partir de outros elementos do vídeo, que pode ser um objeto colocado na arena do animal ou até mesmo o próprio animal.

Com relação a calibração da área, está associada uma nova característica do ETHOWATCHER® que é a seleção de múltiplas áreas. Esse foi um dos tópicos abordado nessa tese decorrentes de solicitações dos usuários. Ao contrário da versão anterior que possibilita a calibração de apenas uma área de interesse na arena, essa nova versão permite que o usuário selecione o número que for necessário de áreas calibradas e independentes entre si. Tais áreas podem ser definidas a partir de formas geométricas poligonais (círculo, retângulo ou formas irregulares) ou então de uma malha matricial sobre a arena, dividindo-a em linhas e colunas, e conseqüentemente em subáreas matriciais (vide interface “calibração”). Essa nova característica permite a realização de análises segmentadas espacialmente em que a detecção do posicionamento do animal rastreado na arena ou o registro de determinada categoria em pontos específicos da arena sejam relevantes.

A respeito da etapa de realização da análise, a versão desenvolvida permite que o usuário realize a etografia categórica simultaneamente ao rastreamento do animal, de forma que a navegação frame a frame pelo vídeo não interfira nem gere erros no rastreamento. Ou seja, caso o usuário retorne o vídeo para frames anteriores, o algoritmo de rastreamento reajusta seus cálculos para o frame atual processado. Na primeira versão do ETHOWATCHER®, o usuário realizava esses dois

tipos de análise em momentos distintos da navegação do *software*, inclusive em interfaces distintas. Tal integração entre os dois tipos de análise, determina em um tempo menor dispensado pelo pesquisador no *software*, e também permite a geração de relatórios de dados categóricos, morfológicos e cinemáticos integrados.

Outra mudança ocorrida nessa interface, foi a maximização da tela, aumentando proporcionalmente o tamanho das imagens capturadas do vídeo. Essa característica pode ajudar durante a análise etográfica, facilitando a visualização do vídeo quando há comportamentos sutis do animal para serem detectados ou quando o animal é muito pequeno com relação a toda a área da arena

Durante o rastreamento do animal, outra nova ferramenta disponível nessa versão é a barra de opções dos elementos de rastreamento. Por essa ferramenta, o usuário seleciona os objetos que serão desenhados sobre o vídeo que indicam a detecção do animal. Na versão anterior, o usuário não tinha a opção de escolher os elementos que seriam visualizados, sendo sempre desenhadas as coordenadas do animal, a rota percorrida e o comprimento do animal. Por essa barra, o usuário tem mesmas opções de elementos gráficos, e outras duas novas opções: centro de massa e o quadrilátero que delimita o animal. Como a etografia categórica, pode ser realizada simultaneamente ao rastreamento, esses elementos gráficos podem ajudar o usuário na identificação de algum comportamento durante a etografia, mas também podem prejudicar a visualização da tela, devido a muitas informações gráficas. Por esse motivo, foi disponibilizado essa nova ferramenta ao usuário, possibilitando que o usuário defina a necessidade ou não de visualizar tais elementos de rastreamento em cada caso.

O algoritmo desenvolvido para fuga do animal desenvolvido, detecta os frames em que o resultado do algoritmo de segmentação não identifica nenhum conjunto de pixels diferentes do plano de fundo ou quando o conjunto detectado é composto por até oito pixels. Esse algoritmo não evita, portanto, a detecção de outros objetos em movimento no vídeo (*e.g.*, manchas de iluminação) no lugar do objeto alvo, mas identifica quando o objeto não está visível na arena (*e.g.*, perda de contraste entre o animal e o fundo, animal submerso na água). Esse algoritmo apresenta um feedback visual para o usuário no momento do rastreamento, mudando a cor de um objeto de interface da cor verde para a cor vermelha (vide interface “etografia”). Além disso, o algoritmo copia os dados de rastreamento correspondente ao último frame cujo animal foi detectado para o frame em que houve o escape do animal, evitando desvios de rotas, como foi comprovado na validação desse algoritmo. Não

existe nenhuma rotina para fuga do objeto rastreado na primeira versão do ETHOWATCHER®. Assim, quando o algoritmo de segmentação não identifica nenhuma diferença do frame processado para o frame correspondente ao fundo, as coordenadas do animal e os demais descritores morfológicos são zerados, o que justifica a fuga da rota do animal para o canto superior esquerdo do vídeo, correspondente a origem do sistema de coordenadas do frame (coordenada (0,0)). Esse desvio não ocorre na nova versão desenvolvida, pois o algoritmo de fuga repete o último centro de massa encontrado, diminuindo assim o erro do deslocamento total do animal na arena (vide validação do algoritmo de fuga do animal).

Finalizando a interface de análise, a forma de registrar os eventos comportamentais durante a análise etológica foi alterada quando comparado com a versão original do ETHOWATCHER®. Anteriormente, para inserir os eventos na tabela etográfica o usuário precisava digitar a categoria que estava visualizando a cada momento. Esse comando foi simplificado na nova versão desenvolvida através do uso de botões correspondentes a cada categoria do catálogo comportamental, ou então, por atalhos no teclado correspondentes aos códigos das categorias (vide interface “etografia”). Por padrão de cores, o usuário consegue avaliar os botões que estão disponíveis para serem clicados ou não, de acordo com o tipo de evento da análise (auto exclusivo ou sobreposto).

Na geração de relatórios, a versão desenvolvida apresenta para o usuário, além da opção de segmentação por tempo (advinda da primeira versão do *software*), a opção de segmentar o relatório por áreas. Sendo assim, o usuário seleciona as áreas, dentre as que foram calibradas, para definir o escopo dos relatórios parciais a serem gerados. Além desse novo tipo de segmentação, atualização do ETHOWATCHER® gera um relatório integral de todos os dados compilados nas análises, enquanto que a versão anterior gerava relatórios separados para rastreamento e etografia. Essa integração de relatórios com tipos dados diferentes, confere uma integração entre métodos de análises comportamentais distintos.

A validade dos dados categóricos, morfológicos e cinemáticos extraídos pela nova versão desenvolvida foram testadas conforme previstos nos objetivos específicos dessa tese. Para essas validações, foram utilizadas métricas estatísticas descritivas (média e desvio padrão) e análises estatísticas não paramétricas (testes de Friedman e Wilcoxon).

Pode-se afirmar que o sistema desenvolvido apresenta erros intrínsecos com relação ao rastreamento de um objeto. Isso pode ser

observado pela validação de objetos imóveis na arena. Ao colocar um objeto de formato quadrado e outro de formato irregular durante cinco segundos, espera-se que os objetos permaneçam no mesmo lugar com valores de distância percorrida zerados, e características morfológicas (área e comprimento) constantes. Entretanto, de acordo com a Tabela 4, não foram esses os resultados calculados pelo *software*, os descritores de distância, área e comprimento apresentaram variações.

A distância percorrida entre frames, apesar de apresentar valores diferentes do esperado, não apresentam diferença significativa entre os diferentes casos avaliados do objeto quadrado e do objeto irregular ( $p > 0,05$  nos Testes de Friedman e Wilcoxon). Porém ao analisar amostras do quadrado e da forma irregular entre si, esse descritor apresentou diferença estatística significante ( $p > 0,05$ ). Portanto o cálculo desse descritor independe do posicionamento do objeto na arena e da rotação do objeto em torno do seu centroide, mas depende do formato do objeto. Logo, esse valor representa o erro do sistema para o rastreamento de objetos no geral. Esse erro pode ser influenciado por fatores externos ao *software* (posicionamento e tremor da câmera, as condições de iluminação, o contraste do animal com a arena, o tipo de arquivo de vídeo, a compactação de dados utilizada pela câmera no momento da gravação, dentre outros) e por fatores internos ao *software* (níveis de segmentação e erosão selecionado, imagem de fundo de tela selecionada para a segmentação, aproximações nos cálculos dos descritores, dentre outros). Sendo assim, é interessante que o usuário calcule esse erro de deslocamento do centro de massa para um objeto imóvel nas mesmas condições de filmagem do seu experimento, para conhecer qual é o erro intrínseco do seu sistema e avaliar se é um erro relevante ou não.

O cálculo do centro de massa das formas geométricas utilizadas nesse teste de validação, também apresentaram variações conforme indica o descritor de distância do animal ao centro da arena (Tabela 4). Percentualmente, essa variação foi maior para o formato irregular (114,18% e 92,92%) quando comparado com o quadrado (102,9% e 102,68%). Além disso, todos os casos apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$  nos Testes de Friedman e Wilcoxon) após a rotação do objeto rastreado, o que não era esperado para uma característica morfológica. Esses dados podem indicar uma interferência da posição do objeto no cálculo seu centro de massa. Entretanto, é provável que essas variações possam ser decorrentes do cálculo manual do centro de massa nos objetos geométricos durante a etapa metodológica de fixação dos mesmos na arena pelo seu centro de massa, para a gravação dos vídeos de validação.

Quanto aos erros intrínsecos de objetos imóveis observados no cálculo da área e do comprimento do animal, além de todas as fontes de erro externas e internas, citadas anteriormente, pequenas variações na etapa de calibração da escala podem levar a variações entre o valor calculado pelo *software* e o valor esperado. Além disso, a proporção entre o tamanho do objeto rastreado e o tamanho da arena pode influenciar na precisão dos indicadores de área e comprimento. Essa proporção depende da altura em que a câmera é posicionada em relação a arena. Pelos testes realizados, não foi possível delimitar a faixa de valores ideais da relação animal/arena que apresenta erros mínimos nos descritores, porém, é um fator importante a ser determinado em estudos reais para garantir a precisão das medidas extraídas.

Pela segunda validação realizada (Tabela 9) é possível observar que os formatos de vídeo e a qualidade de imagem (resolução) também atribuem erros distintos aos cálculos dos descritores cinemáticos e morfológicos extraídos no processo de rastreamento de um objeto. É possível observar que todos os descritores avaliados, distância percorrida, área, comprimento e pixels alterados (nível de ruído) apresentam variações entre os valores calculador e os esperados, e essas variações dependem significativamente ( $p > 0,05$  nos Testes de Friedman e Wilcoxon) dos parâmetros do vídeo rastreado (formato, resolução e taxa de frames). Embora o erro distância percorrida total entre os frames seja baixo (ordem de milímetros e décimos de milímetros), esse erro existe e pode ser considerável dependendo do estudo analisado. Diante disso, é importante afirmar que o usuário deve fazer uma avaliação do erro nos descritores extraídos decorrente do tipo de formatação de vídeo utilizados.

Também foi realizado a validação de objetos em movimento, utilizando o ponteiro de segundos de um relógio. Os resultados referentes aos ângulos foram satisfatórios e próximos dos esperados. Para a variação angular entre frames, os valores das médias se aproximaram do valor de  $0,2^\circ$  nos valores percentuais correspondentes a 97,6%, 94,2% e 98% em cada caso. Entretanto, os desvios padrões desse descritor foram elevados, devidos aos tremores do ponteiro gerados pelo mecanismo de engrenagens do relógio. A presença desses tremores também pode ser observada analisando a distância percorrida entre frames e a distância total nos três casos analisados, que apresentaram aproximadamente o dobro dos valores esperados. Já os valores de variação angular total, cujo valor esperado foi de  $30^\circ$  (correspondente a 5 segundos de vídeo), também se aproximaram em módulo do valor esperado, apresentando os valores  $29^\circ$ ,  $49^\circ$ ,  $28,45^\circ$  e  $29,6^\circ$ . A interferência dos tremores do ponteiro no

resultado final do indicador de distância percorrida pode implicar em uma sensibilidade do *software* a micro movimentações animais, imperceptíveis a olho nu. Entretanto, não é possível definir o grau dessa sensibilidade, uma vez que tais micro movimentações apresentam características semelhantes a ruídos de artefato.

Diante dessas análises de validações, conclui-se que não há um vídeo padrão ouro para a calibração do sistema. As variações das medidas dos descritores cinemáticos e morfológicos sempre irão existir, pois existe um erro intrínseco ao sistema e as fontes de gravação de vídeo. Porém é possível minimizá-los, respeitando as limitações do *software* desenvolvido (garantir o contraste entre o fundo da arena e o animal, e o fundo estático), sendo rigoroso com a metodologia de gravação dos vídeos (utilizar uma câmera fixa, evitar angulação da câmera, escolher um formato de vídeo de boa resolução e alta taxa de frames, garantir iluminação constante) e conhecendo o erro de deslocamento de centro de massa intrínseco ao sistema.

Tendo em vista a existência de outras ferramentas computacionais semelhantes ao ETHOWATCHER®, com o propósito de elencar possíveis alterações no sentido de melhorias futuras, realiza-se na sequência uma breve discussão relativa à análise comparativa (Tabela 3) entre os *softwares* de rastreamento e de apoio à etografia.

Os *softwares* proprietários comerciais, de modo geral, apresentam bem mais recursos do que os *softwares* livres de código aberto. A diferença de funcionalidade pode ser justificada pelo maior investimento em recursos de desenvolvimento, como tempo e quantidade de pessoas envolvidas, por parte dos proprietários daqueles.

Entretanto, devido a limitações orçamentárias, muitas pesquisas são possíveis somente graças ao aspecto gratuito de alguns *softwares* de código aberto. Apesar de menos funcionalidades, em muitos casos, essas ferramentas são adequadas aos propósitos dos pesquisadores. Além do mais, mediante a distribuição do código fonte, os pesquisadores podem adequar as ferramentas conforme as próprias necessidades.

O rastreamento de múltiplos animais possibilita análises do comportamento diferenciadas daquelas obtidas mediante o rastreamento de um único animal (*e.g.*, estudo do comportamento social dos animais). A técnica de segmentação por subtração de plano de fundo é capaz de permitir o rastreamento de mais de um animal ao mesmo tempo. Contudo, existem potenciais problemas nas situações, por exemplo, em que animais em grupos se tocam, movem-se em caminhos que se cruzam ou interagem de maneiras complexas. Após alguns desses eventos, algumas ferramentas de rastreamento identificam de maneira errônea as

identidades dos animais. Esses erros se propagam e, a menos que sejam corrigidos manualmente, resultam em relatórios de dados inconsistentes com a realidade. Um método promissor para o rastreamento de múltiplos objetos é o de extração de impressão animal, utilizado pelo *software* idTracker. Por meio da extração de uma impressão característica de cada animal dentro de um grupo, é possível identificar cada indivíduo no vídeo. O rastreamento por identificação evita a propagação de erros, e as identidades são mantidas corretas.

O rastreamento de múltiplos pontos num mesmo animal, isto é, sua divisão em mais de um ponto (*e.g.*, subdivisões de um rato em cabeça, corpo e cauda) pode fornecer análises comportamentais mais detalhadas (*e.g.*, movimentos de estiramento e de sacudir a cabeça na exploração de novos objetos). Por meio dos descritores morfológicos como área, caixa de contorno e orientação do animal, é possível estimar as posições, por exemplo, da cabeça e da cauda de um rato com base em um modelo matemático. O *software* MiceProfiler permite o rastreamento de cabeça, corpo e cauda em ratos. Por sua vez, SwarmSight possibilita o rastreamento de antenas e cabeça de insetos. Cada aplicação, contudo, é específica para a dada espécie animal. Isso, provavelmente, pela dependência de um modelo matemático específico para cada animal.

O rastreamento em múltiplas áreas ou zonas (*i.e.*, a segmentação do relatório numa área específica), é uma função bastante útil quando há o interesse em observar, quantificar ou comparar o comportamento de um animal em uma ou mais áreas definidas na arena comportamental (*e.g.*, comedouro, objeto estranho). Conforme já discutido, essa função foi adicionada na nova versão do *software* ETHOWATCHER®.

As formas tradicionais de relatórios consistem em valores numéricos apresentados em planilhas e em representações gráficas. As representações gráficas são interessantes em termos da facilidade de compreensão da informação pelo usuário e da redução de processos laborais. Entretanto, por meio dos relatórios numéricos em planilhas é possível obter as mesmas representações gráficas geradas automaticamente por alguns *softwares*. Para pequenas quantidades de dados, o trabalho exigido na transformação dos valores numéricos em gráficos é pequeno. Contudo, para grandes quantidades de dados, o trabalho demandado pode ser considerável.

Diante desses pontos que o ETHOWATCHER® ainda não aborda, as sugestões de desenvolvimento para trabalhos futuros são:

1. Rastreamento de múltiplos animais com base no aprofundamento teórico de seus respectivos algoritmos;

2. Rastreamento de múltiplos pontos num animal por meio de descritores morfológicos e de modelos matemáticos específicos
3. Apresentação do relatório em representação gráfica (etografia em série temporal e em frequência de eventos comportamentais)

## 6 CONCLUSÃO

Ferramentas de apoio para a etologia e a extração de descritores morfológicos e cinemáticos são muito utilizadas em estudos e pesquisas de diversas áreas do conhecimento. Diante disso, é de interesse da comunidade científica o acesso a soluções de baixo custo e alta confiabilidade que disponibilizem tais ferramentas.

Diante disso, foi desenvolvido uma nova versão do *software* ETHOWATCHER®, de código aberto e gratuita, superando algumas limitações apresentadas em sua versão original.

Esse desenvolvimento agregou melhorias na compatibilidade do ETHOWATCHER® com novos formatos e resoluções de vídeo. Além disso, outra melhoria considerável foi a possibilidade de realizar análises etográficas e de rastreamento segmentadas em múltiplas áreas de interesse da arena. Esses fatores elevam a flexibilidade de utilização do *software*.

Os desempenhos obtidos pelos testes de validação dos algoritmos de fuga do objeto rastreado, de segmentação temporal e espacial e de registro de eventos comportamentais, mostraram concordância entre os dados contidos nos relatórios emitidos e a as análises executadas na interface de etografia.

Evidencia-se, pelos testes de validação do rastreamento que existe um erro intrínseco da utilização do *software* no cálculo do centro de massa e na distância percorrida, que refletem em variações nos descritores morfológicos e cinemáticos. Esse erro depende das condições de gravação do vídeo (variações na iluminação, posicionamento da câmera, etc); do tipo de formato, resolução e qualidade da imagem do vídeo utilizado (taxa de frames, tipo de compreensão de dados para a gravação, ruídos digitais de imagem etc); e dos valores utilizados nas etapas de calibração da segmentação, escala e áreas de interesse (limiarização, erosão, plano de fundo selecionado, reta de escala selecionada, etc).

Recomenda-se que os usuários a minimizem esse erro intrínseco à análise, garantindo um rastreamento com plano de fundo imóvel, o contraste entre o objeto rastreado e o plano de fundo, iluminação constante do ambiente em que o vídeo é gravado e uma seleção adequada dos parâmetros de calibração do vídeo.



## REFERÊNCIAS

ACTUALTRACK ANIMAL BEHAVIOR RESEARCH AND ANALYSIS SOFTWARE. Disponível em: <<http://www.a-msystems.com/s-206-actualtrack-animal-behavior-analysis.aspx>>. Acesso em: 7 fev. 2016.

ANALYSIS SOFTWARE. Disponível em: <[http://www.loligosystems.com/?action=shop\\_show\\_itemlist&id=5](http://www.loligosystems.com/?action=shop_show_itemlist&id=5)>. Acesso em: 5 maio. 2016.

ANDERSON, D.; PERONA, P. Toward a Science of Computational Ethology. *Neuron*, v. 84, n. 1, p. 18-31, 2014.

ANY-MAZE - HOME. Disponível em: <<http://www.anymaze.co.uk/>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

BAUMANS, V. et al. (1996). Development of a balance system for analysis of rodent behaviour. *Measuring Behavior '96* (Utrecht, 16-18 October 1996), 29.

BENJAMINI, Y. et al. Ten ways to improve the quality of descriptions of whole-animal movement. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, v. 34, n. 8, 2010, p. 1351-65.

BIRGIOLAS, J. et al. SwarmSight: Measuring the temporal progression of animal group activity levels from natural-scene and laboratory videos. *Behavior Research Methods*, 2016.

BOSE, R. C. Proposta para um Sistema de Rastreamento e Análise de Movimentos em Animais de Laboratório. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRANSON, K. et al. High-throughput ethomics in large groups of *Drosophila*. *Nature Methods*, v. 6, n. 6, p. 451-457, 2009.

BUTTON, K. et al. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 14, n. 6, p. 442-442, 2013.

CASARRUBEA, M. et al. Acute nicotine induces anxiety and disrupts temporal pattern organization of rat exploratory behavior in hole-board: a potential role for the lateral habenula. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, v. 9, 2015.

CRALL, J. et al. BEETag: A Low-Cost, Image-Based Tracking System for the Study of Animal Behavior and Locomotion. *PLOS ONE*, v. 10, n. 9, p. e0136487, 2015.

CRISPIM JUNIOR, C. F. Uso de descritores morfológicos e cinemáticos na identificação automática de comportamentos de animais de laboratório. Florianópolis, 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

CRISPIM JUNIOR, C. F et al. ETHOWATCHER: validation of a tool for behavioral and video-tracking analysis in laboratory animals. *Computers in Biology and Medicine*, v. 42, 2012, p. 257–264.

CTRAX - THE CALTECH MULTIPLE WALKING FLY TRACKER. Disponível em: <<http://ctrax.sourceforge.net/>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

CUNHA, W. H. A. Alguns princípios de categorização, descrição e análise do comportamento. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 28, n. 1, 1976, p. 15-24.

DAVID, C. et al. GLT-1-Dependent Disruption of CNS Glutamate Homeostasis and Neuronal Function by the Protozoan Parasite *Toxoplasma gondii*. *PLOS Pathogens*, v. 12, n. 6, p. e1005643, 2016.

ETHOGRAM INDEX – MOUSE ETHOGRAM. Disponível em: <<http://mousebehavior.org/ethogram-index/>>. Acesso em: 8 fev. 2016.

ETHOWATCHER - USANDO O MÓDULO DE RASTREAMENTO. Disponível em: <<http://ethowatcher.paginas.ufsc.br/usando-o-modulo-de-rastreamento/>>. Acesso em: 31 fev. 2016.

FRÖLICH, H. et al. Automated classification of the behavior of rats in the forced swimming test with support vector machines. *Neural Networks*, v. 21, 2008, p. 92–101.

FÜRTBAUER, I. Consistent individual differences in haemolymph density reflect risk propensity in a marine invertebrate. *Royal Society Open Science*, v. 2, n. 6, p. 140482, 2015.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.. *Digital image processing*. 1. ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRILL, J. *Fundamentos de Física*. 3. ed. Sao Paulo: Moderna, v. 1, 1983.

HARTNOLL, R. *Eco-Ethology of Mangroves. Behavioral Adaptation to Intertidal Life*, p. 477-489, 1988.

HEBERLEIN, M. et al. A comparison between wolves, *Canis lupus*, and dogs, *Canis familiaris*, in showing behaviour towards humans. *Animal Behaviour*, v. 122, p. 59-66, 2016.

HEEREN, D. J.; COOLS, A. R. Classifying postures of freely moving rodents with the help of Fourier descriptors and a neural network. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, v. 32, n. 1, 2000, p. 56-62.

HEMECAGESCAN. Disponível em:  
<[http://cleversysinc.com/CleverSysInc/csi\\_products/homecagescan/](http://cleversysinc.com/CleverSysInc/csi_products/homecagescan/)>.  
Acesso em: 23 mar. 2016.

ICY. Disponível em:  
<[http://icy.bioimageanalysis.org/plugin/Mice\\_Profiler\\_Tracker](http://icy.bioimageanalysis.org/plugin/Mice_Profiler_Tracker)>.  
Acesso em: 19 mar. 2016.

IDTRACKER - AUTOMATIC TRACKING OF MULTIPLE ANIMALS. Disponível em: <<http://www.idtracker.es/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IMMELMANN, K. *Introduction to ethology*. 1. ed. New York: Plenum Press, 1980.

JAABA DOCUMENTATION. Disponível em:  
<<http://jaaba.sourceforge.net/>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

JENSEN, P. Methods of sampling and analysis of data in farm animal ethology. Tradução . 1. ed. Basel: Birkhäuser, 1986.

JHUANG, H. et al. Automated home-cage behavioural phenotyping of mice. *Nature Communications*, v. 1, n. 6, p. 1-9, 2010.

KABRA, M. et al. JAABA: interactive machine learning for automatic annotation of animal behavior. *Nature Methods*, v. 10, n. 1, p. 64-67, 2012.

KULIKOV, A. V. et al. Automated analysis of antidepressants' effect in the forced swim test. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 191, n. 1, 2010, p. 26-31.

LEVITIS, D. A.; LIDICKER, W. Z.; FREUND, G. Behavioural biologists do not agree on what constitutes behaviour. *Animal Behavior*, v. 78, 2009, p. 103-110.

LOVELACE, J. et al. An animal model of female adolescent cannabinoid exposure elicits a long-lasting deficit in presynaptic long-term plasticity. *Neuropharmacology*, v. 99, p. 242-255, 2015.

METRIS - LABORAS PUBLICATIONS. Disponível em: <[http://www.metris.nl/en/products/laboras/laboras\\_publications/](http://www.metris.nl/en/products/laboras/laboras_publications/)>. Acesso em: 18 abr. 2016.

MIRAT, O. et al. ZebraZoom: an automated program for high-throughput behavioral analysis and categorization. *Frontiers in Neural Circuits*, v. 7, 2013.

NOLDUS, L.P.J.J., SPINK, A.J., TEGELENBOSH, R. A. J. EthoVision: A Versatile Video Tracking System for Automation of Behavioral Experiments. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, #33, pp 398-414, 2001.

OPENCV. Disponível em: <<http://opencv.org/>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

OPENCV API REFERENCE - OPENCV 2.4.13.2 DOCUMENTATION. Disponível em:

<<http://docs.opencv.org/2.4/modules/refman.html>>. Acesso em: 3 fev. 2016.

OTTONI, E. B. EthoLog 2.2: A tool for the transcription and timing of behavior observation sessions. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, v. 32, n. 3, 2000, p. 446449.

PEDERIVA, C. N. Etógrafo: um sistema de auxílio ao registro e à análise de dados comportamentais. Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

PEDERIVA, C. N. et al. Etógrafo: um sistema de auxílio ao registro e análise de dados comportamentais. In: *Anais da XX Reunião Anual da FESBE*. Águas de Lindóia: [s.n.]. 2005

PENNEKAMP, F.; SHTICKZELLE, N.; PETCHEY, O. BEMOVI, software for extracting behavior and morphology from videos, illustrated with analyses of microbes. *Ecology and Evolution*, v. 5, n. 13, p. 2584-2595, 2015.

PÉREZ-ESCUADERO, A. et al. idTracker: tracking individuals in a group by automatic identification of unmarked animals. *Nature Methods*, v. 11, n. 7, p. 743-748, 2014.

QUINN, L. P. et al. Further validation of LABORASTM using 130 various dopaminergic manipulations in mice including MPTP-induced nigro-striatal degeneration. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 156, 2006, p. 218–227.

QUINN, L. P. et al. LABORAS: Initial pharmacological validation of a system allowing continuous monitoring of laboratory rodent behaviour. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 130, n. 1, 2003, p. 83-92.

REEVES, S. et al. M-Track: A New Software for Automated Detection of Grooming Trajectories in Mice. *PLOS Computational Biology*, v. 12, n. 9, p. e1005115, 2016.

ROUSSEAU, J. B. I. et al. Classification of rat behavior with an image-processing method and a neural network. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, v. 32, 2000, p. 63-71.

SAMSON, A. et al. MouseMove: an open source program for semi-automated analysis of movement and cognitive testing in rodents. *Scientific Reports*, v. 5, p. 16171, 2015.

SCHWARZ, S. et al. VIEWER: a program for visualising, recording, and analysing animal behaviour. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 67, 2002, p. 55–66.

SILVA, J. A. et al. Modelos Ocultos de Markov Aplicados na Identificação de Comportamento de Camundongos. *Hifen, Uruguaiana*, v. 31, n. 59, 2007.

SIQUEIRA, L. O.; FERRARI, E. A. D. M.; MAIA, J. M. Sistema automático de análise comportamental em pombos. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 22, n. 2, Agosto 2006, p. 93-105.

SOUTO, A. *Etologia: Princípios e Reflexões*. Pe, Universitária da UFPE, 2005. Google Livros, Mar. 2016 p. 50

SPRUIJT, B. M.; DEVISSER, L. Advanced behavioural screening: automated home cage ethology. *Drug Discovery Today: Technologies*, v. 3, n. 2, 2006, p. 231-237.

STEELE, A. D. et al. The power of automated highresolution behavior analysis revealed by its application to mouse models of Huntington's and prion diseases, *Proc Natl Acad Sci U S A*. [S.l.]: [s.n.], 2007, p. 1983-8.

THE FUTURE IS WRITTEN WITH QT: CROSS-PLATFORM SOFTWARE DEVELOPMENT FOR EMBEDDED & DESKTOP. Disponível em: <<https://www.qt.io/>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

YAMANAKA, R. UMATracker. Disponível em: <<http://ymnk13.github.io/UMATracker/>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

YU, J.; TAN, J. Object density-based image segmentation and its applications in biomedical image analysis. *Computer methods and programs in biomedicine*, v.96, 2009, p. 193–204.