

Avaliação de algoritmos computacionais de reconhecimento digital de alvéolos em favos de abelhas africanizadas

Hamilton Justino Vieira¹, Carlos Eduardo Salles de Araújo², André Amarildo Sezerino³, Tânia Patrícia Schafaschek⁴ e Rafael Canan⁵

Resumo – As metodologias analógicas são bastante utilizadas para avaliar o estado geral, monitorar e estimar o desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera*. Apesar de sua importância, tais métodos usados durante a etapa de campo são difíceis, demorados e invasivos. Para verificar possibilidade de suprimir estas dificuldades, utilizou-se o software livre DeepBee[®], de reconhecimento e classificação automática de alvéolos em imagens digitais. As imagens digitais foram obtidas com celular Androide utilizando-se uma câmara com iluminação artificial e sistema Bluetooth. As imagens foram obtidas em duas colmeias do tipo Langstroth, totalizando 28 imagens digitais. As colmeias estavam nos municípios de Videira e Caçador, em SC. O software DeepBee[®] detectou automaticamente sete classes de alvéolos: ovos, larvas, crias operculadas, pólen, néctar, mel e outros. Os algoritmos de processamento digital, topologia matemática e de reconhecimento de padrões por meio de redes neurais do DeepBee[®] permitiram a identificação do estado geral das colônias. Algumas falhas verificadas no reconhecimento de padrões sugerem necessidade de um novo treinamento da rede neural do software DeepBee[®] de forma a torná-lo uma ferramenta operacional para o acompanhamento do desenvolvimento das colônias de *Apis mellifera* africanizadas.

Termos para indexação: *Apis mellifera*; Redes Neurais; Imagens digitais; DeepBee[®].

Evaluation of computational algorithms for digital recognition of alveoli in Africanized bee combs

Abstract – Analogical methodologies are widely used to assess the general condition, monitor and estimate the development of *Apis mellifera* bee colonies. Despite their importance, these methods used during the field stage are complex, time-consuming and invasive. The free software DeepBee[®] was used to automatically recognize and classify alveoli in digital images to verify the possibility of eliminating these difficulties. The digital images were obtained from an Android cell phone using a camera with artificial lighting and Bluetooth. The images were taken in two Langstroth hives, totaling 28 digital images. The hives were in the municipalities of Videira and Caçador, SC. The DeepBee[®] software automatically detected seven classes of alveoli: eggs, larvae, operculated offspring, pollen, nectar, honey and others. Digital processing, mathematical topology and pattern recognition algorithms using DeepBee[®] neural networks allowed the identification of the general state of the colonies. Some flaws in pattern recognition suggest the need for new training of the DeepBee[®] software neural network to make it an operational tool for monitoring the development of *Apis mellifera* Africanized colonies.

Index terms: *Apis mellifera*; Neural networks; Digital images; DeepBee[®].

Introdução

A exploração apícola tem elos de intersecção entre a saúde ambiental, animal e humana. A mortalidade e o desaparecimento das abelhas pelas ações humanas, as mudanças climáticas, a apicultura predatória, as técnicas ultrapassadas de manejo e a ausência de informações técnicas reduzem subs-

tancialmente o progresso da exploração apícola. Neste contexto, o conceito de Saúde Única (*One Health*) pode ser aplicado. É através desse conceito que várias organizações vêm propondo um conjunto de pesquisas e políticas públicas para promover o equilíbrio do tripé ambiente-animal-humano.

Os métodos tradicionais de avaliação do estado e desenvolvimento de

colônias de *Apis mellifera* utilizam anotações e determinações visuais para avaliar o desenvolvimento das colônias. Vários trabalhos relatam estas metodologias (AL-TIKRITY et al., 1971; SILVA & FREITAS 2004; SILVA et al., 2011; DELAPLANE, 2013; SCHAFASCHEK, 2016; TAPIA-GONZÁLEZ, 2021; CAPELA et al., 2022). A metodologia proposta por Al-Tikrity et al. (1971), por exemplo, utiliza

Recebido em 08/08/2023. Aceito para publicação em 01/11/2023.

¹Eng.-Agr. Pós Doc., Epagri/Ciram, Rod. Admar Gonzaga, 1.347, C.P. 502, CEP 88034-901 - Florianópolis - SC- Brasil. Fone: +55 (048) 3665-5006, E-mail: vieira@epagri.sc.gov.br

²Oceanógrafo, Dr. Epagri/Ciram, E-mail: kadu_araujo@epagri.sc.gov.br

³Eng.-Agr. Dr. Epagri/Estação Experimental de Caçador (EECD), Epagri - Estação Experimental de Caçador, Rua Abílio Franco, 1500 – Cx. Postal 591, CEP: 89501-032, Caçador - SC - Brasil

Fone: +55 (49)3533-5629 E-mail: andresezerino@epagri.sc.gov.br

⁴Eng. Agr. Dra. Epagri/Estação Experimental de Videira, Rua João Zardo, 1660, Bairro Campo Experimental CEP: 89560-000 Videira, SC- Brasil, Email: tancias@epagri.sc.gov.br,

⁵Analista de Sistemas BSc., Epagri. Rod. Admar Gonzaga, 1.347, C.P. 502, CEP 88034-901 - Florianópolis - SC- Brasil. Fone: +55 (048) 3665-5000, E-mail: rafaelcanan@epagri.sc.gov.br

<https://doi.org/10.52945/rac.v36i3.1735>

a sobreposição de folhas transparentes sobre os favos de cria, determinando, com caneta adequada, as áreas de cria abertas e operculadas de operárias e zangões e as áreas de pólen e mel. Estas áreas circunscritas no apiário, nestas folhas, são medidas no escritório com auxílio de uma cartolina demarcada com a área de um quadro de ninho dividido em pequenos quadrados com áreas de 4cm².

A fim de minimizar a invasividade nas colmeias, Vieira et al. (2022) propuseram o uso de uma câmara de baixo custo para aquisição de imagens digitais dos favos, equipada com iluminação de leds, baterias recarregáveis e sistema Bluetooth. Assim, foi possível minimizar o tempo de trabalho a campo e o desgaste físico do avaliador, aumentando assim a precisão das coletas de informações.

A partir das imagens tomadas em ambas as faces de cada favo, pode-se observar as seguintes opções: as células do favo podem estar (i) momentaneamente vazias, (ii) ocupadas pela abelha em seus diferentes estágios imaturos (ovo, larva, pupa) ou (iii) preenchidas com recursos alimentares (pólen, néctar ou mel) necessários para o desenvolvimento e a manutenção da colônia (Figura 1). Para refletir o nível de diversidade de conteúdo dos alvéolos, pelo menos sete classes diferentes devem ser predefinidas durante o desenvolvimento dos modelos de classificação. Além da diversidade de classes, pode haver uma variedade de cores e texturas dentro de cada classe, tornando a classificação dos alvéolos uma tarefa desafiadora (ALVES et al., 2020).

O aprendizado de máquina tem sido aplicado com sucesso em uma variedade de tarefas, como reconhecimento, classificação, predição e controle de padrões. É uma área em crescimento e tem sido fundamental para o desenvolvimento de tecnologias como assistentes virtuais. As redes neurais com algoritmos de processamento de imagens digitais, com uso de topologia matemática, também podem ser utilizadas em pesquisas para a caracterização das imagens de favos das colmeias. Segundo Colin et al. (2018), o tempo necessário para identificar as classes de alvéolos em cada quadro para cada ob-

servador foi 69% maior, em termos de tempo necessário, comparado com o uso de imagens digitais e algoritmos de processamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de utilizar tecnologias de baixo custo financeiro, como a câmara de imagens digitais de favos, imagens digitais adquiridas com aparelhos celulares e software gratuito, oferecendo uma alternativa aos métodos tradicionais de coleta das informações.

Material e métodos

As imagens avaliadas neste estudo foram obtidas por meio de uma câmara com iluminação artificial e sistema Bluetooth para aquisição de imagens digitais de favos com aparelhos celulares (Android ou iOS), conforme metodologia proposta por Vieira et al. (2022).

Foram capturadas 28 imagens digitais de 14 favos do ninho de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, instaladas em colmeias padrão Langstroth. A resolução das imagens variou de 1,17 a 4,5 megapixels. A dimensão interna dos caixilhos era de aproximadamente 43cm de largura e 20,5cm de altura, totalizando uma área de 880cm² por caixilho. Consideraram-se 3,9 alvéolos por cm² ou 3.432 alvéolos para cada face do favo, conforme Delaplane et al. (2013).

As colmeias utilizadas estavam localizadas em Videira (altitude: 749m; latitude: -27,0242°; longitude: -51,1489°) e Caçador (altitude 934m; latitude -26,8181°; longitude: -50,9919°) com clima Cfb na classificação de Koeppen, conforme Dubreuil et al. (2018).

Para as análises das imagens digitais foi utilizado o software livre, denominado DeepBee®, conforme Alves et al. (2020). Este software é capaz de detectar automaticamente os alvéolos e classificar seu conteúdo em sete classes: alvéolos ocupados por ovos, larvas, crias operculadas, pólen, néctar, mel e outros. Para a identificação dos alvéolos o DeepBee® utiliza a “transformada de Hough circular” e para a classificação, uma rede neural convolucional (CNN) baseada no modelo MobileNet.

As classes utilizadas para o agrupamento na identificação dos alvéolos foram as sugeridas por Delaplane et

al. (2013), sendo elas: **alvéolos fechados** – azul escuro, **ovos** – amarelo, **mel** – vermelho escuro, **larvas** – cor de rosa, **néctar** – verde, **outros** (alvéolos abertos) – azul-claro e **pólen** – vermelho claro. Para o cálculo da percentagem dos alvéolos identificados pelo DeepBee®, considerou-se o numerador de 3.432 alvéolos por face do favo.

Resultados e discussão

Pela análise visual dos resultados, a correspondência entre a nomenclatura utilizada na identificação dos alvéolos, entre as classes do DeepBee® e as identificadas diretamente nos favos, verificou-se divergência em apenas duas classes. A contagem feita pelo DeepBee® como “alvéolos fechados” foi identificada visualmente como “pupas” operculadas”. A classe “outros” foi identificada como “alvéolos abertos” ou vazios, conforme a Tabela 1, a seguir.

O DeepBee® identificou, na maior parte dos casos, alvéolos na área das imagens dos favos, ignorando as áreas externas. Foi assertivo quando se trata da análise das áreas dos favos. Apenas na imagem 20 (Tabela 2) o número teórico de alvéolos, de 3432 alvéolos, foi ultrapassado em 2%. Contudo pode ser considerado como erro aceitável.

A determinação do número de alvéolos tem a finalidade de avaliar colmeias pelas áreas de cria, pupas e reserva de alimento (mel e pólen). Conforme Emsen (2006), Paolillo et al. (2022), Colin et al. (2018), Alves et al. (2020), a relação de áreas de cada categoria de alvéolos indica o estado de desenvolvimento populacional da colônia. Delaplane et al. (2013) estimam que, para abelhas europeias, a densidade de alvéolos seria de 4 alvéolos por cm², considerando que as abelhas africanas ou africanizadas seriam 3% menores do que as europeias. No presente estudo estipulamos que o total de alvéolos por favo de caixilho Langstroth seria de 3.432 alvéolos, mas não pode ser considerado exato, pois as colônias imprimem uma dinâmica nos favos em função de vários fatores. A época do ano, o número de crias por alvéolos, as condições climáticas, a idade dos favos e as diferenças das dimensões dos alvéolos de cria de operárias e as de

zangões interferem no número total de alvéolos por favo.

Na Figura 1a é apresentado o favo nº19 da Tabela 2. Trata-se de um favo de reserva de mel, com predominância de alvéolos operculados com mel, alguns alvéolos com néctar e alvéolos abertos. Na Figura 1b, os círculos em amarelo representam as reservas de pólen. A parte inferior é formada por alvéolos de zangão, no interior dos quais existem ovos e larvas no estágio inicial de desenvolvimento. Nesta imagem o DeepBee® foi assertivo quando se trata dos alvéolos com mel e os alvéolos com pupas e menos assertivo com relação ao número de alvéolos com ovos. O fato de identificar os alvéolos com mel é relevante, pois Colin et al. (2018), utilizando métodos de contagem individuais de alvéolos e de estimativa de área por retângulos, verificaram uma demora excessiva e menor assertividade pelos dois métodos. O total de alvéolos identificados neste favo de número 19 foi de 3.487, de um total teórico de alvéolos de 3.567.

Na Figura 2 é apresentado o favo nº 23 da Tabela 2. Trata-se de um quadro predominante de cria, com predominância de opérculos de cria fechados, alvéolos vazios e alguns alvéolos com néctar. Também se pode visualizar nitidamente a área de cria na parte central do favo com os opérculos fechados, larvas em estágios de desenvolvimento avançados de cores brancas distribuídas aleatoriamente nesta mesma área. Segundo Emsen (2006), o critério mais importante em estudos científicos em colônias de abelhas é o desenvolvimento populacional da colônia. Para esta avaliação são utilizadas áreas de alvéolos de crias fechadas e abertas. Avaliar a força de uma colônia inteira fornece um instantâneo muito bom no tempo do tamanho da colônia, produção de cria e status alimentar.

Ao redor da Figura 2, identificam-se os alvéolos abertos e, na parte superior, à direita do caixilho, uma área com opérculos abertos (néctar-cor azul claro) e com néctar (cor verde). Ao redor da região central dos alvéolos fechados com pupas é difícil distinguir visualmente o brilho do néctar dos ovos e larvas nos estágios iniciais de desenvolvimento dentro do alvéolo. Para Paolillo et

Tabela 1. Correspondência entre a nomenclatura utilizada na identificação dos alvéolos pelo DeepBee© e as observações identificadas nas imagens utilizadas

Table 1. Correspondence between the nomenclature used in the identification of cells by DeepBee© and the observations identified in the images used

Classes DeepBee@	Classes Observadas	Cores
Alvéolos fechados	Crias operculadas	Azul-escuro
Ovos	Ovos	Amarelo
Mel	Mel	Vermelho-escuro
Larvas	Larvas	Cor-de-rosa
Néctar	Néctar	Verde
Outros	Alvéolos abertos	Azul-claro
Pólen	Pólen	Vermelho-claro

Tabela 2. Número de crias operculadas, ovos, mel, larvas, néctar, outros e pólen, total de alvéolos identificados e porcentagem de ocupação resultantes da análise de 28 imagens com o software DeepBee© em colônias de *Apis mellifera* africanizadas nos municípios de Videira e Caçador, SC

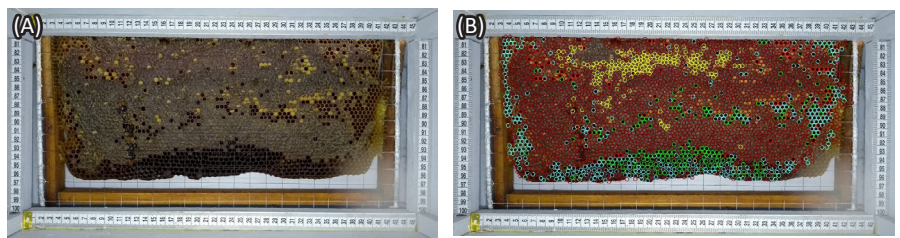
Table 2. Number of capped broods, eggs, honey, larvae, nectar, others and pollen, total identified cells and percentage of occupancy, resulting from the analysis of 28 images with the DeepBee© software in Africanized *Apis mellifera* colonies in the municipalities of Videira and Caçador, SC

Favos	Crias Op.	Ovos	Mel	Larvas	Néctar	Outros	Pólen	Total	Perc. (%)
1	20	39	179	9	1	1050	1503	2801	82
2	4	62	265	2	0	1862	623	2818	82
3	361	62	256	27	1	858	1540	3105	90
4	470	85	265	29	2	611	1575	3037	88
5	224	49	331	7	1	1154	1331	3097	90
6	96	18	286	5	1	1440	1151	2997	87
7	120	270	455	9	2	347	1790	2993	87
8	49	102	511	1	0	514	1797	2974	87
9	247	21	585	198	2	1065	1027	3145	92
10	166	28	467	60	4	1146	1273	3144	92
11	97	188	240	5	2	373	2077	2982	87
12	56	60	487	3	1	334	2066	3007	88
13	15	19	277	1	21	1403	1362	3098	90
14	18	13	296	4	13	1134	1659	3137	91
15	0	11	228	0	6	1616	1289	3150	92
16	5	25	230	1	16	1536	1299	3112	91
17	0	12	237	1	9	2275	444	2978	87
18	0	31	260	0	29	1545	1204	3069	89
19	0	195	2231	0	187	393	75	3081	90
20	0	85	1707	0	366	1208	121	3487	102
21	3	87	461	5	175	1994	574	3299	96
22	0	8	458	1	235	920	56	1678	49
23	703	193	697	218	203	1145	198	3357	98
24	5	14	153	23	11	560	92	858	25
25	1	17	723	2	108	1451	200	2502	73
26	2	12	494	4	169	2514	116	3311	96
27	29	37	307	8	353	1799	269	2802	82
28	22	26	462	4	85	1635	22	2256	66
Média	97	63	484	22	72	1210	955	2903	85

al. (2022), este tipo de processamento de imagem utilizada trabalha com uma ampla diversidade de iluminações, exposições de imagem, cores e particularidades de células, podendo-se esperar diferenças entre os números estimados e aqueles determinados. Neste caso deve-se fazer uma análise mais detalhada para se determinar a acurácia da rede neural. As imagens utilizadas tinham resolução de 1,17 a 4,5 megapixels. Conforme Delaplane et al. (2013), o recomendado seria de 10 megapixels. Já WSC (2018) utilizou imagens com resolução de 36MB, argumentando que resoluções menores não identificariam as pequenas larvas e ovos. Para Colin et al. (2018), aumentar a qualidade da foto pode aumentar os custos da câmera e, se aumentarmos o tempo necessário para tirar essas fotos, podemos limitar o número de colônias que podem ser estudadas ao mesmo tempo. No caso dos alvéolos com mel e com néctar, a análise apresenta-se com coerência, pois normalmente existe uma ordenação padrão: no alto, é guardado o mel, em seguida o pólen, depois as larvas e ovos e, por fim, os zangões. O DeepBee® identifica os alvéolos abertos vazios como “outros” e os alvéolos com crias fechadas como “alvéolos fechados”.

A porcentagem de ocupação da colônia foi calculada considerando a área total ocupada por cria e alimento em função da área total disponível na colmeia para ocupação pela colônia (Tabela 3). Também foi calculado o equivalente dessa área em número de alvéolos de cada classe analisada, a partir do conhecimento prévio da área em cm² de cada favo da colmeia (SCHAFASCHKE et al., 2016).

Conforme dados apresentados na Tabela 3a, verifica-se que as três classes (mel, pólen e alvéolos abertos) totalizaram 92,5%. Cabe concluir, conforme Winston (2003), que as colônias de abelhas determinam um padrão de comportamento nas colmeias com os favos de “ninho”. Nos favos laterais da colmeia está depositado o mel. No quadro central está localizado o centro das áreas de crias que se expande para os demais favos tendendo a formar uma esfera com ovos, larvas e pupas. Colin et al. (2018) utilizaram com sucesso algoritmos em imagens digitais para medir a área de superfície de crias operculadas



Figuras 1. (a) Imagem original do favo nº 19 da Tabela 2 e imagem com os alvéolos identificados pelo DeepBee© (b)

Figures 1. (a) Original image of comb nº 19 from Table 2 and image with alveoli identified by DeepBee© (b)

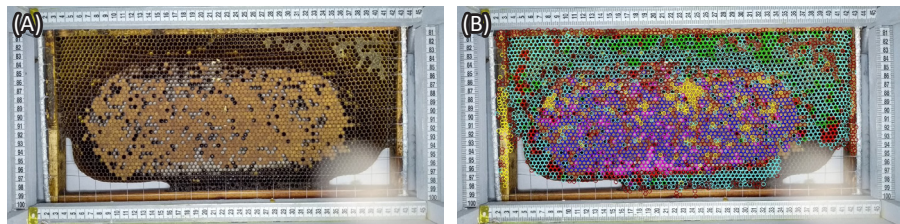


Figura 2. (a) Imagem original do favo nº 23 da Tabela 2 e imagem com os alvéolos identificados pelo DeepBee© (b)

Figure 2. (a) Original image of comb nº 23 from Table 2 and image with alveoli identified by DeepBee© (b)

para estudo de longo prazo de colônias em desenvolvimento em abelhas europeias. Os resultados obtidos foram coerentes com a literatura utilizada sobre padrões auto-organizados em favos de colônias de abelhas e mais detalhados do que quaisquer dados obtidos anteriormente.

No presente estudo as análises e a ordenação das imagens não foram efetuadas a identificação da posição dos caixilhos. Para analisar as colônias, o desempenho das rainhas, a disponibilidade de alimento e as condições ambientais seriam recomendadas a identificação da posição dos caixilhos na colmeia. A identificação geoespacial dos caixilhos possibilitaria a comparação da dinâmica temporal e espacial das áreas de cada classe de alvéolos e, também, a comparação entre os favos de mesma posição de colônias.

Apesar do contraste de cores, onde os favos velhos apresentam cor escura e novos cor amarelo-âmbar (Figuras 3a e 3b), o DeepBee© identificou os alvéolos em ambas as áreas, mesmo com cores diferentes. A baixa eficiência da identificação dos alvéolos nesta imagem, em torno de 25% (Tabela 2, caixilho 24), foi causada pela fumaça do fumigador utilizada para amenizar a defensividade das abelhas. Um dos ajustes que deveria

ser elaborado seria a identificação das áreas de favos, independente da identificação das diferentes classes de alvéolos. Desta maneira, a possibilidade de um erro causado pela não identificação de alvéolos seria diminuída em caso de caixilhos não totalmente preenchidos pelos favos.

O círculo em azul marca a área de alvéolos de possíveis células zanganeiras (Figura 5). Elas são maiores do que aquelas destinadas ao depósito de mel, pólen e crias das abelhas operárias. O DeepBee® não está programado para diferenciar os alvéolos ou células zanganeiras dos demais alvéolos. O DeepBee® classifica os alvéolos de zangões como “outros”. Conforme Liew et al., (2010), a precisão de resultado obtido com base no número de células determinadas pelas redes neurais, em comparação com a contagem manual, mostrou uma taxa média de detecção de células superior a 80%. Segundo Paolillo et al. (2022), variando os parâmetros de normalização da “Transformada Hough” e atribuindo um raio mínimo maior dos círculos das células, pode-se melhorar as assertivas quantitativas desta classe de alvéolos.

A área delimitada pela linha vermelha identifica a influência de fator externo que prejudicou a imagem, a qual é desconsiderada pelo DeepBee© (Figu-

ra 5). É possível que alguns reflexos de iluminação ou opacidade das imagens causadas pela fumaça do fumigador interferiram na identificação de alvéolos. De acordo com Liew et al. (2010), a diferença na contagem de células pode ser causada por erros de dois tipos: falsa aceitação e falsa rejeição. A falsa aceitação refere-se ao erro de contagem de não alvéolos, enquanto a falsa rejeição ao erro de alvéolos não detectado. Para Paolillo et al. (2022), que utilizou vários métodos matemáticos para identificação de diferentes classes de alvéolos, a padronização da iluminação e demais fatores externos é de extrema importância para a efetividade dos métodos.

Conclusões

A utilização de algoritmos de processamento das imagens digitais, capturadas a campo com câmeras em dispositivos de comunicação (celulares) e câmaras de imageamento de baixo custo, possibilitou o reconhecimento de padrões, permitindo a identificação do estado geral das colônias.

Algumas falhas verificadas no reconhecimento de padrões de alvéolos nas imagens digitais sugerem que será necessário realizar um novo treinamento do algoritmo de rede neural do software DeepBee®, de forma a torná-lo uma ferramenta operacional mais efetiva nas condições e métodos utilizados.

Esta inovação resulta na diminuição do tempo de trabalho para aquisição da informação, maior conforto ao apicultor/pesquisador, aumento da fidelidade do levantamento dos dados e diminuição das ações invasivas nas colmeias.

Agradecimentos

Agradecimento especial à Professora Dra. Maria Alice da Silva Pinto, do Instituto Politécnico de Bragança - Campus De Santa Apolónia em Portugal; ao Professor Dr. Pedro Luiz de Paula Filho da Universidade Tecnológica do Paraná - Campus Medianeira. Ao aluno Willian Oliveira Pires, da Universidade Tecnológica do Paraná - Campus Medianeira, pelo apoio e orientação para a utilização do DeepBee©. À Fapesc, Termo de Outorga N.º 2021TR001361, pelo apoio financeiro.

Tabela 3. Percentagem (%) de alvéolos fechados, ovos, mel, larvas, néctar, outros e pólen resultantes da análise de 28 imagens com o DeepBee© em colônias de *Apis mellifera* africanizada nas localidades de Videira e Caçador, SC

Table 3. Percentage (%) of closed cells, eggs, honey, larvae, nectar, others and pollen resulting from the analysis of 28 images with DeepBee© in Africanized *Apis mellifera* colonies in Videira and Caçador, SC

Caixilho	Alv. Fechado	Ovos	Mel	Larvas	Néctar	Outros	Pólen	Total
1	1	1	6	0	0	37	54	100
2	0	2	9	0	0	66	22	100
3	12	2	8	1	0	28	50	100
4	15	3	9	1	0	20	52	100
5	7	2	11	0	0	37	43	100
6	3	1	10	0	0	48	38	100
7	4	9	15	0	0	12	60	100
8	2	3	17	0	0	17	60	100
9	8	1	19	6	0	34	33	100
10	5	1	15	2	0	36	40	100
11	3	6	8	0	0	13	70	100
12	2	2	16	0	0	11	69	100
13	0	1	9	0	1	45	44	100
14	1	0	9	0	0	36	53	100
15	0	0	7	0	0	51	41	100
16	0	1	7	0	1	49	42	100
17	0	0	8	0	0	76	15	100
18	0	1	8	0	1	50	39	100
19	0	6	72	0	6	13	2	100
20	0	2	49	0	10	35	3	100
21	0	3	14	0	5	60	17	100
22	0	0	27	0	14	55	3	100
23	21	6	21	6	6	34	6	100
24	1	2	18	3	1	65	11	100
25	0	1	29	0	4	58	8	100
26	0	0	15	0	5	76	4	100
27	1	1	11	0	13	64	10	100
28	1	1	20	0	4	72	1	100
Média	3	2	17	1	3	43	32	100

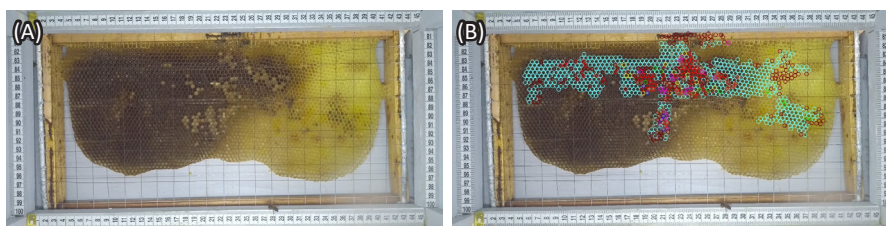


Figura 3. (a) Imagem original do favo n° 24 da Tabela 2 e imagem com os alvéolos identificados pelo DeepBee© (b)

Figure 3. (a) Original image of comb n° 24 from Table 2 and image with alveoli identified by DeepBee© (b)

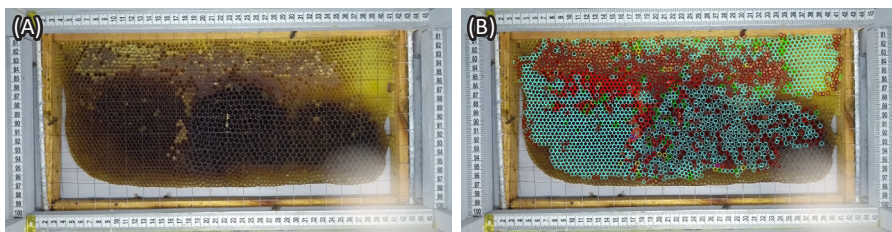


Figura 4. (a) Imagem original do favo n° 25 da Tabela 2 e imagem com os alvéolos identificados pelo DeepBee© (b)

Figure 4(a) Original image of comb n°25 from Table 2 and image with alveoli identified by DeepBee© (b)

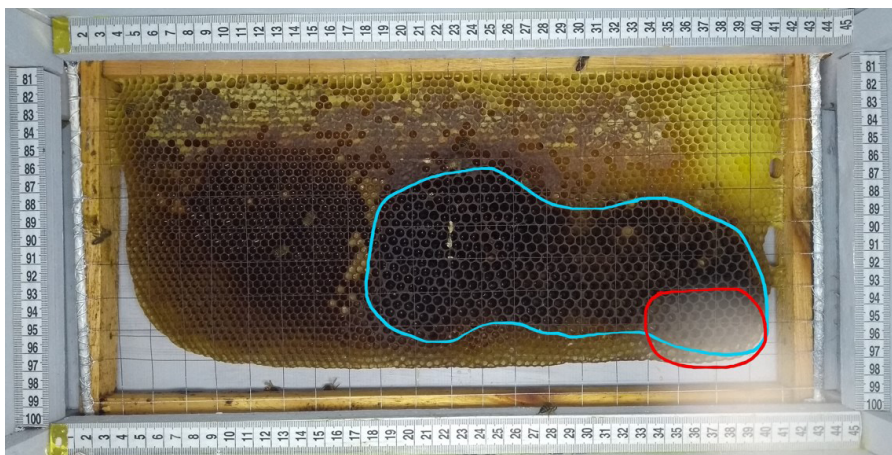


Figura 5. Imagem original do favo n° 24 da Tabela 2

Figure 5. Original image of comb n° 24 in Table 2

Referências

AL-TIKRITY, W.S.; HILLMANN, R.C.; BENTON, A.W. A new instrument for brood measurement in a honey bee colony. **American Bee Journal**, v.111, p.20-26, 1971.

ALVES, T.S.; PINTO, M. A.; VENTURA, P.; NEVES, C. J. ; BIRON D. G. ARNALDO, C.; ARNALDO Jr. C.; PAULA de L. F.; RODRIGUES, P. J. A Automatic detection and classification of honey bee comb cells using deep learning. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.170, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105244>.

COLIN T.; BRUCE J.; MEIKLE W. G.; BARRON A. B. The development of honey bee colonies assessed using a new semi-automated brood counting method: CombCount. **Journal Plos One**, v.13, n.10. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205816>.

CAPELA, N.; DUPONT, Y.L.; RORTAIS, A.; SARMENTO, A.; PAPANIKOLAOU, A.; TOPPING, C.J.; ARNOLD, G.; PINTO, M.A.; RODRIGUES, P.J.; MORE, S.J.; TOSI, S.; ALVES, T.S.; SOUSA, J.P. High accuracy monitoring of honey bee colony development by a quantitative meth-

od. **Journal of Apicultural Research**, v.62, n.4, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2098899>.

DELAFLANE, K. S.; VAN DER STEEN, J.; GUZMAN, E. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. In: The COLOSS BEEBOOK, V.I: Standard methods for *Apis mellifera* research. **Journal of Apicultural Research**. v.52, n.1, 2013. Doi: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.03>.

DUBREUIL, V.; FANTE, K.P.; PLANCHON O.; SANT'ANNA NETO, J.L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie**, v.37, 2018. Doi: <https://doi.org/10.4000/confins.15738>.

EMSEN, B. Medição semi-automática de áreas de criação tampadas de colônias de abelhas. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 5, n.12, p.1229-1232, 2006. Disponível em: <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2006.1229.1232>. Acesso em: 02 de maio de 2023.

LIEW, L.H.; LEE, B.Y.; CHAN, M. Cell detection for bee comb images using Circular Hough

Transformation," 2010 In: International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010), 1, 2010. **Proceedings [...]**. Kuala Lumpur, Malaysia. p.191-195, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1109/CSSR.2010.5773764>.

PAOLILLO, G.; PETRINI, A.; CASIRAGHI, E.; DE LORIO, M.G.; PAGNACCO, MINOZZI, G.; VALENTINI, G. Automated image analysis to assess hygienic behaviour of honeybees. **Journal Plos One**, v.17, n.1, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263183>.

SCHAFASCHEK, T.P.; HICKEL, E.R.; PEREIRA, H.L.; OLIVEIRA de, C.A.L.; TOLEDO de, V.A.A. Performance of Africanized honeybee colonies settled by queens selected for different traits. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.38, n.1, 2016. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianim-sci.v38i1.26840>.

SILVA da, D.F.; ARAUJO, I.G.; WELTER, J.H.; WAGNER, R.B.; MENEZES de, L.F.G.; ARBOITTE, M.Z. Desenvolvimento e produção de pólen em colmeias de *Apis mellifera* L. africanizadas mantidas em cultura de girassol. **Agrarian**, v.3, n.8, p.147-151, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/792>. Acesso em: 30 dezembro. 2022.

SILVA, R.; FREITAS, B.M. Produção e desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) a partir de diferentes áreas e idades de cria. **Cienc. Rural**, Santa Maria. v.34, n.2, p.545-549, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200032>.

TAPIA-GONZÁLEZ, J.; LEÓN-MANTECÓN, T.; CONTRERAS-ESCARREÑO, F. M.; TAPIA-RIVERA, J.; GUZMÁN-NOVOA, E. Influencias climáticas regionales y cantidad de cría en el comportamiento higiénico de *Apis mellifera*. **Abanico veterinario**, v.11, p.1-16, 2021. Doi: <https://doi.org/10.21929/abavet2021.20>

VIEIRA, H.J.; SEZERINO, A.A.; SCHAFASCHEK, T.P.; ARAÚJO de, C.E.S. Câmara com iluminação artificial e sistema Bluetooth para aquisição de imagens digitais dos quadros do ninho de colônias de *Apis mellifera*. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.3, 2022.

WSC-Regexpert. **Photography for Honeybee Brood Trials**. WSC Scientific GmbH. Heidelberg, Germany. 2016. Disponível em: <http://wsc-regexperts.com/en/honeybees/photography-for-honeybee-brood-trials>. Acesso em: 24 abril 2023.