Fotografia Científica Ambiental: uma perspectiva biológica

Yuri Fanchini Messas

Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil

Correspondencia: yurimessas@gmail.com

INTRODUÇÃO

O acúmulo gradual de conhecimentos sobre princípios químicos e físicos permitiu ao ser humano utilizar a luz como matéria-prima para realizar a transposição de sua identidade visual em superfícies fotossensíveis. Esta técnica, instintivamente conhecida como Fotografia, foi recebida com muito entusiasmo pela comunidade científica desde a sua invenção no início do século XIX. Biólogos pesquisadores, particularmente, encontraram na fotografia uma inesgotável fonte de inspiração para realizar estudos objetivando a compreensão de fenômenos que ocorrem em ambientes naturais.

A fotografia e a biologia possuem historicamente diversos pontos de convergência, coevoluindo em uma interação positiva e mutualística. A Inglaterra oitocentista foi cenário de duas importantes quebras de paradigma que mudaram drasticamente a forma como o ser humano percebe e interpreta o ambiente ao seu redor (Prodger, 2009). Poucos anos após o pesquisador britânico William Henry Fox Talbot dar um grande salto evolutivo para o descobrimento do que hoje denominamos Fotografia (*The pencil of Nature*, Talbot, 1844), Charles Darwin trouxe à luz a Teoria da Evolução (*On the origin of species*, Darwin, 1859). Curiosamente, o naturalista foi um dos primeiros pesquisadores a explorar e

divulgar massivamente a fotografia em um tratado científico, ao descrever e analisar as expressões faciais através de imagens (Darwin, 1872).

Um segundo marco importante para a fotografia científica ocorreu com o surgimento da era digital, particularmente a partir da década de 1990. A fotografia digital tornou a prática fotográfica menos custosa e mais acessível aos pesquisadores, refletindo em um crescimento exponencial na utilização fotografia como método científico em estudos biológicos. O rápido desenvolvimento tecnológico aumentou significativamente a qualidade e a diversidade de equipamentos fotográficos. Paralelamente, softwares de edição cada vez mais sofisticados possibilitaram a transformação de pixels e seus atributos (e.g. cor, luminosidade, contraste) em dados quantificáveis. Desta forma, não é de se estranhar que dentre os estudos fotográfico-biológicos existentes na literatura, aproximadamente 80% foram publicados ao longo dos últimos 30 anos.

USO DA FOTOGRAFIA NA BIOLOGIA

Atualmente a literatura científica conta com mais de duas centenas de estudos que utilizaram a fotografia como instrumento de pesquisa na biologia. Dentre as vantagens da fotografia científica biológica (FCB), destacam-se (1) a facilidade e eficiência na geração de dados, (2) o uso de metodologias não invasivas, (3) a capacidade de nos revelar características do mundo natural que são imperceptíveis ao sistema visual humano, (4) a possibilidade de investigar ambientes de difícil acesso e (5) estudar organismos raramente observados na natureza. A versatilidade da FCB tem sido explorada tanto para investigações específicas sobre determinados organismos, quanto em estudos de padrões gerais em nível de populações, comunidades e paisagens. A seguir veremos algumas técnicas e utilizações da FCB.

Macro e microfotografia: técnicas que utilizam objetivas macro, lupas e microscópios para gerar imagens com grandes ampliações (relação numérica entre o tamanho real do assunto

fotografado e o tamanho em que ele aparece no sensor da câmera), possibilitando a visualização de objetos extremamente pequenos. Bastante utilizadas em estudos sobre microrganismos e artrópodes, seres que constituem a maior diversidade de espécies viventes em nosso planeta e desempenham papel fundamental na estruturação e funcionamento dos ecossistemas. As fotografias podem ser individuais (obtidas através de uma única imagem) ou mais sofisticadas, através da composição de dezenas ou centenas de fotografias empilhadas e com diferentes áreas em foco (*focus stacking*, Brecko, 2014), gerando imagens com alta resolução de detalhes. A macro e a microfotografia são amplamente exploradas na taxonomia, como ilustração em descrições de espécies, bem como em estudos botânicos e zoológicos, na análise de pequenas estruturas e/ou comportamentos. McIlleron e Moor (2011), por exemplo, desenvolveram uma técnica fotográfica para auxiliar o estudo de insetos em voo, baseada na aquisição de fotografias de alta velocidade acoplada a sensores de movimento.

Fotografia remota: trata-se da fotografia automatizada através do uso de sensores e/ou controles remotos, possibilitando a investigação de locais de difícil acesso (e.g. ambiente aéreo, dossel de florestas e o fundo dos oceanos) e de animais raramente encontrados na natureza. Cutler e Swann (2006) escreveram uma revisão sobre o uso desta técnica em estudos ecológicos. A fotografia aérea, por exemplo, tem sido extensivamente utilizada para a caracterização e mapeamento de comunidades vegetais (e.g. You-Ching, 1980, Lucas et al., 2008; Carlyle et al., 2010, Chen et al., 2012). Esta técnica também foi utilizada para a detecção de danos causados por gafanhotos em plantações (Olfert et al., 1980) e para estimar o tamanho populacional de pinguins na Antártica (Fraser, 1999; Trathan, 2004). Estes e outros exemplos reforçam a importância da fotografia aérea como poderosa ferramenta em estudos de manejo ecológico (Morgan et al., 2010). A recente popularização de drones e o consequente barateamento da fotografia aérea provavelmente resultará em aumento substancial no uso da FCB em

investigações científicas nos próximos anos. No ambiente terrestre, armadilhas fotográficas (*camera trap*) são amplamente utilizadas para a foto-identificação de mamíferos, auxiliando a desvendar a diversidade, ecologia populacional e os comportamentos destes animais. O oceano também já foi explorado através da fotografia remota. Muito do que se conhece sobre a diversidade e os comportamentos da fauna abissal, por exemplo, se deve ao uso de equipamentos fotográficos capazes de acessar o mar profundo e suportar pressões elevadas.

Fotografia subaquática: além de permitir o acesso à fauna abissal, a fotografia subaquática tem sido um importante instrumento metodológico na biologia marinha, seja para estudos comportamentais e ecológicos de cetáceos (Würsig e Jefferson 1990; Grellier et al., 2003), tubarões, arraias, (Marshall e Pierce 2012) e tartarugas marinhas, alguns destes em perigo de extinção (Schofield et al., 2008), seja para avaliar a densidade e diversidade de organismos planctônicos (Grosjean et al., 2004). A fotografia

também possibilita a foto-identificação de indivíduos em espécies com alta variação morfológica intraespecífica, auxiliando no monitoramento de suas populações. Kitahara (2007) forneceu importantes discussões e perspectivas quanto ao uso da fotografia em pesquisas oceanográficas.

Fotografia time lapse: eventos que ocorrem ao longo do tempo podem ser revelados através do uso da fotografia time-lapse, que consiste em séries de imagens sequenciais captadas em intervalos de tempo pré-definidos. Esta técnica foi utilizada, por exemplo, para descrever períodos de atividade de aves (Weller e Derksen, 1972), variações sazonais no crescimento de corais (Barnes e Crossland, 1980), comportamento alimentar de anfípodes e echiúros (Hargrave, 1985; Bett e Rice, 1993), diversidade e frequência de visitantes florais (Suetsugu e Hayamizu, 2014; Nakase e Suetsugu, 2015), bem como para descrever padrões fenológicos de populações em ecossistemas florestais (Sonnentag et al., 2012). A fotografia *time lapse* também pode ser utilizada em

estudos sobre o desenvolvimento de organismos, bem como contribuir para a ecologia da conservação ao possibilitar a análise do impacto humano em ambientes naturais ao longo do tempo.

Fotografia hemisférica: trata-se do uso de câmeras acopladas a objetivas grande angulares ou *fisheye*, que geram imagens com grandes ângulos de visão (até 180°). Amplamente utilizada em estudos sobre o dossel de florestas, auxiliando na aquisição de variáveis biofísicas, como a estrutura do dossel, cálculo de índices de área foliar, ou ainda para estimar a luminosidade em ambientes florestais. Estes dados são gerados através do uso de softwares específicos que calculam a frequência relativa de áreas escuras (vegetação) e claras (céu) nas fotografias obtidas. Quando utilizadas em conjunto, a fotografia hemisférica e a time-lapse podem elucidar mudanças e possíveis impactos em florestas ao longo do tempo. Glatthorn e Beckschäfer (2014) publicaram um protocolo para padronizar o uso de fotografias hemisféricas.

Fotografia ultravioleta (UV) e infravermelha (IR): o uso de filtros específicos e a adaptação de sensores de câmeras fotográficas nos possibilita a aquisição de imagens que captam comprimentos de onda UV e IR. Muitos animais, como a maioria dos insetos, aves, répteis e anfíbios, são capazes de enxergar o espectro UV. Desta forma, a fotografia UV torna possível a compreensão de como determinados organismos são percebidos levando-se em consideração o sistema visual de seus co-específicos, presas e/ou predadores. Esta ferramenta tem sido bastante explorada em estudos sobre camuflagem (Troscianko et al., 2017), variações de coloração entre indivíduos (McGaugh, 2008; Stevens et al., 2009; Luttrell et al., 2014), bem como na taxonomia (Ferris, 1972; Knüttel e Fielder 2000). Recentemente, Troscianko e Stevens (2015) desenvolveram um software gratuito para a análise de fotografias UV e obtenção de medidas de reflectância, coloração e padrões na natureza. A fotografia IR, por sua vez, tem sido utilizada como ferramenta de mapeamento e monitoramento em estudos envolvendo

vegetação, solos e corpos d'água (Aber et al., 2009), bem como para detectar doenças causadas por vírus em plantas (Bawden, 1993).

Além das técnicas vistas acima, a FCB também pode ser utilizada em estudos específicos, como a caracterização da arquitetura de teias de aranhas (Langer e Eberhard, 1969; Eberhard, 1976; Burgess, 1977; Carico, 1977), documentação de espécies de artrópodes em inclusões de âmbar (Baker et al., 2003), técnica auxiliar para ilustrações botânicas (Simpson e Barnes, 2008), ou para estudos biométricos, permitindo a aquisição de medidas de área foliar (Rico-García et al., 2009) ou do tamanho de ovos (Bridge et al., 2007) e de grandes mamíferos (Wijeyamohan et al., 2012). O objetivo deste tópico foi apresentar uma amostra das possibilidades de uso da FCB na biologia, sem a pretensão de esgotar o assunto ou realizar uma revisão sobre o tema. Muitos estudos novos são publicados a cada ano e certamente novos trabalhos estarão presentes na literatura quando você estiver lendo este artigo.

OLHAR CRÍTICO

Apesar de ser uma prática científica relativamente recente, o uso da FCB tem crescido significativamente ao longo das últimas décadas. Como qualquer atividade em expansão, torna-se imprescindível a avaliação crítica quanto à confiabilidade dos dados obtidos e sua aceitação pela comunidade científica. Augusto *et al.* (2013), por exemplo, demonstraram que não é possível usar a fotografia para determinar o sexo de baleias-piloto, devido à similaridade morfológica das barbatanas entre machos e fêmeas. Ksiksi e El-Keblawy (2013) provaram que a fotografia digital não é eficaz como metodologia alternativa à coleta em campo de vegetais em ecossistemas desérticos. Entretanto, o exemplo mais emblemático sobre como devemos ser cuidadosos ao utilizar a FCB é a atual discussão calorosa relacionada ao uso da fotografia como alternativa à coleta de espécimes em estudos taxonômicos, que pode ser acompanhada através de uma série de artigos recentemente publicados (veja Ceríaco, 2016; Pape, 2016; Aguiar et al., 2017; Faúndez, 2017; Garraffoni e Freitas, 2017; Grandcolas, 2017; Gutiérrez

e Pine, 2017; Garrouste, 2017; Thorpe, 2017).

O ato fotográfico também pode resultar em impactos nos organismos estudados. Huang *et al.* (2011), por exemplo, demonstraram que sons produzidos pelas câmeras na hora do disparo afetam o comportamento do lagarto *Anolis cristatellus* (Dactyloidae). Os autores ressaltaram a importância de tomarmos cuidados e restrições quando fotografamos, para reduzir este tipo de interferência. Em contrapartida, Harasti e Gladstone (2013) verificaram que o uso do flash não modifica o comportamento do cavalo-marinho *Hippocampus whitei* (Syngnathidae). Estudos como estes são extremamente importantes e necessários para a criação de técnicas fotográficas não invasivas.

Tão importante quanto a aquisição de boas imagens em campo ou em laboratório é a adoção de fluxos de imagens adequados para garantir alta qualidade e confiabilidade das pesquisas. As etapas envolvidas no pós-processamento das imagens são fundamentais para a organização dos

dados coletados (edição), adequação das fotografias ao objetivo do estudo e às boas condutas éticas (tratamento) e segurança das fotografias contra falhas mecânicas e/ou eletrônicas (armazenamento das imagens). Selden (2014), por exemplo, sugeriu um modelo de fluxo de imagens para a fotografia de espécies fósseis. Rossner e Yamada (2004), por sua vez, escreveram uma excelente crítica sobre a ética na fotografia científica. Os autores trouxeram à tona exemplos de má conduta científica através do abuso na manipulação de imagens, ressaltando que este tipo de comportamento gera resultados não confiáveis.

Os exemplos supracitados reforçam a importância de avaliarmos a FCB desde a sua concepção ética e rigor metodológico, até a forma com que os resultados são apresentados. Isto abre um amplo leque de possibilidades para estudos futuros que auxiliem a consolidar a FCB como linha de pesquisa na biologia. Espera-se que sejam criados protocolos específicos para diferentes técnicas e organismos de estudo, com o objetivo de padronizar metodologias fotográfico-científicas e gerar dados

confiáveis e comparáveis entre si. Além de atender às questões éticas e à boa qualidade científica, os novos métodos fotográficos devem ser fáceis de serem reproduzidos, apresentarem o menor custos de execução possível e levarem em consideração a variação das fotografias produzidas por diferentes marcas e modelos de equipamentos fotográficos.

PERSPECTIVAS

A fotografia é interdisciplinar e isto a permite transitar entre diversas áreas do conhecimento. Além desta versatilidade, possui alta capacidade adaptativa a temáticas e objetivos específicos. Dentre as perspectivas para o uso da FCB, gostaria de destacar alguns dos nichos da biologia ainda pouco explorados e/ou que se apresentam como campos férteis para a realização de investigações futuras mais aprofundadas:

(1) **Educação**, como ferramenta didática em sala de aula ou em trabalhos de educação ambiental (veja Borges et al., 2010; Sonohata e Sabino, 2015).

(2) **Divulgação científica**, auxiliando na disseminação do conhecimento de maneira clara e objetiva através de meios impressos e/ou eletrônicos (veja Sabino, 2009).

(3) **Estudos de história natural**, retratando eventos raros que eventualmente gerem *insights* para a formulação de hipóteses testáveis *a posteriori*.

(4) **Redes sociais e banco de imagens**, estreitando os laços entre biólogos e cidadãos não cientistas (exemplo em Winterton et al., 2012) e auxiliando na compreensão de padrões globais (veja Leighton et al., 2016).

(5) **Biomimética**, através do estudo de sistemas visuais não humanos que possam servir como fonte de inspiração para o desenvolvimento de novas tecnologias e invenção de câmeras fotográficas mais sofisticadas (veja Caro et al., 2017).

(6) **Metodologias não invasivas**, seja em substituição a métodos tradicionais ou como ferramenta complementar em estudos ecológicos, botânicos, zoológicos, micológicos, comportamentais ou qualquer

outra área relacionada à temática ambiental.

Em síntese, a invenção da fotografia revelou novos caminhos e horizontes para a Ciência. Apesar de atrair cada vez mais a atenção de biólogos como instrumento em pesquisas, o potencial metodológico da FCB ainda é pouco explorado, subutilizado e está fragmentado na literatura, dificultando as conexões entre os estudos. Este artigo representa um breve ponto de vista sobre a fotografia científica ambiental. Além disso, serve como um chamado para jovens biólogos e pesquisadores, com o objetivo de aumentar o interesse pelo assunto e estreitar o intercâmbio entre duas áreas do conhecimento altamente complementares e sinérgicas. Espero que em um futuro próximo sejam criados canais de discussão, reuniões científicas e cursos especializados visando a capacitação de pesquisadores neste fantástico mundo da FCB. Biólogos, peguem suas câmeras e bom trabalho!

REFERÊNCIAS

- Aber JS, Aber SW, Buster L, Jensen WE, Sleezer RL. 2009. Challenge of infrared aerial photography: a digital update. *Transactions of the Kansas Academy of Science*. 112(1/2): 31–39.
- Aguiar JJM, Santos JC, Urso-Guimarães MV. 2017. On the use of photography in Science and taxonomy: how images can provide a basis for their own authentication. *Bionomina*. 12: 44–47.
- Augusto JF, Frasier TR, Whitehead H. 2013. Using photography to determine the sex in pilot whales (*Globicephala melas*) is not possible: Male and females have similar dorsal fins. *Marine Mammal Science*. 29(1): 213–220.
- Baker RA, Chmielewski W, Evennett PJ. 2003. Amber inclusions of arthropods (particularly insects and mites) in European museums – documentation and photography. *Acta Zoologica Cracoviensia*. 46: 399–405.
- Barnes DJ, Crossland CJ. 1980. Diurnal and seasonal variation in the growth of a staghorn coral measured by time-lapse photography. *Limnology and Oceanography*. 25(6): 1113–1117.
- Bawden FC. 1993. Infra-red photography and plant virus diseases. *Nature*. 132: 168.
- Bett BJ, Rice AL. 1993. The feeding behavior of an abyssal echiuran revealed by in situ time-lapse photography. *Deep Sea Research*. 40(9): 1767–1779.
- Borges MD, Aranha JM, Sabino J. 2010. Nature photography as an instrument in Environmental Education. *Ciência e Educação*. 16(1): 149–161.
- Bridge ES, Boughton RK, Aldredge PA, Harrison TJE, Bowman R, Schoech SJ. 2007. Measuring egg size using digital photography: testing

- Hoyt's method using Florida Scrub-Jay eggs. *Journal of Field Ornithology*. 78(1): 109–116.
- Burgess JW. Orb-web photography outdoors: a graphic data-collection methodology. *The American Midland Naturalist*. 98(2): 499–503.
- Carico JE. 1977. A simple dusting device for coating orb webs for field photography. *Bulletin of British Arachnological Society*. 4(2): 100.
- Carlyle CN, Fraser LH, Haddow CM, Bings BA, Harrower W. 2010. The use of digital photos to access visual cover for wildlife in rangelands. *Journal of Environmental Management*. 91: 1366–1370.
- Caro T, Stoddard MC, Stuart-Fox D. 2017. Animal coloration research: why it matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 372: 20160333.
- Ceríaco LMP, Gutiérrez EE, Dubois A. 2016. Photography-based taxonomy is inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences. *Zootaxa*. 4196(3): 435–445.
- Chen Q, Laurin GV, Battles JJ, Saah D. 2012. Integration of airborne lidar and vegetation types derived from aerial photography for mapping aboveground live biomass. *Remote Sensing and Environment*. 121: 108–117.
- Cutler TL, Swann DE. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin*. 27(3): 571–581.
- Darwin C. 1859. *On the origin of species*. London (UK): John Murray.
- Darwin C. 1982. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London (UK): Harper Collins.
- Eberhard WG. 1976. Photography of orb webs in the field. *Bulletin of British Arachnological Society*. 3(7): 200–204.
- Faúndez EI. 2007. Photography-based taxonomy: Is it necessary to reform the Code, and what that exactly means? *Zootaxa*. 4247(3): 332–332.
- Ferris CD. 1972. Ultraviolet photography as an adjunct to taxonomy. *Journal of the Lepidopterists's Society*. 26(4): 210–215.
- Fraser WR, Carlson JC, Duley PA, Holm EJ, Patterson DL. 1999. Using kite-based aerial photography for conducting Adélie penguin censuses in Antarctica. *Waterbirds*. 22(3): 435–440.
- Garraffoni ARS, Freitas AVL. 2017. Photos belong in the taxonomic Code. *Science*. 355: 805.
- Garrouste R. 2017. The “wild shot”: photography for more biology in natural history collections, not for replacing vouchers. *Zootaxa*. 4269: 453–454.
- Glatthorn J, Beckschäfer P. 2014. Standardizing the protocol for hemispherical photographs: accuracy assessment of binarization algorithms. *PLoS ONE*. 9(11): e111924.
- Grandcolas P. 2017. Loosing the connection between the observation and the specimen: a by-product of the digital era or a trend from general biology? *Bionomina*. 12: 57–62.
- Grellier K, Hammond PS, Wilson B, Sanders-Reed CA, Thompson PM. 2003. Use of photo-identification data to quantify mother-calf association patterns in bottlenose dolphins. *Canadian Journal of Zoology*. 81: 1421–1427.
- Grosjean P, Pischeral M, Warembourg C, Gorsky G. 2004. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the zooscan digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science*. 61: 518–525.
- Gutiérrez EE, Pine RH. 2010. Specimen collection crucial to taxonomy. *Science*. 355: 1275.

- Hargrave BT. 1985. Feeding rates of abyssal scavenging amphipods (*Eurythenes gryllus*) determined in situ by time-lapse photography. *Deep Sea Research*. 32(4): 443–450.
- Harasti D, Gladstone W. 2013. Does underwater flash photography affect the behaviour, movement and site persistence of seahorses? *Journal of Fish Biology*. 83: 1344–1353.
- Huang B, Lubarsky K, Teng T, Brumstein DT. 2011. Take only pictures, leave only...fear? The effects of photography on the West Indian anole *Anolis cristatellus*. *Current Zoology*. 57(1): 77–82.
- Kitahara EM. 2007. O uso da fotografia e da imagem digital em pesquisas oceanográficas: novos rumos proporcionados pela evolução do processo digital. *Conexão – Comunicação e Cultura*. 6(12): 125–137.
- Knüttel H, Fielder K. 2000. On the use of ultraviolet photography and ultraviolet wing patterns in butterfly morphology and taxonomy. *Journal of the Lepidopterist's Society*. 54(4): 137–144.
- Ksikisi TS, El-Keblawy AA. 2013. Floral diversity in desert ecosystems: Comparing field sampling to image analyses in assessing species cover. *BMC Ecology*. 13: 22.
- Langer RM, Eberhard WG. Laboratory photography of spider silk. *American Zoologist*. 9(1): 97–101.
- Leighton GRM, Hugo PS, Roulin A, Amar A. 2016. Just Google it: assessing the use of Google Images to describe geographical variation in visible traits of organisms. *Methods in Ecology and Evolution*. 7(9): 1060–1070.
- Lucas R, Bunting P, Paterson M, Chisholm L. 2008. Classification of Australian forest communities using aerial photography, CASI and HyMap data. *Remote Sensing of Environment*. 112: 2088–2103.
- Luttrell SAM, Gonzalez ST, Lohr B, Greenberg R. 2014. Digital photography quantifies plumage variation and salt marsh melanism among Song Sparrow (*Melospiza melodia*) subspecies of the San Francisco Bay. *The Auk*. 132: 277–287.
- Marshall AD, Pierce SJ. 2012. The use of photographic identification in sharks and rays. *Journal of Fish Biology*. 80: 1361–1379.
- McGaugh SE. 2008. Color variation among habitat types in the Spiny Softshell Turtles (*Trionychidae: Apalone*) of Cuatrociénegas, Coahuila, México. *Journal of Herpetology*. 42(2): 347–353.
- McIlleron WG, Moor FC. 2011. Photography of Trichoptera in flight. *Zoosymposia*. 5: 297–318.
- Nakase Y, Suetsugu K. 2015. Technique to detect flower-visiting insects in video monitoring and time-lapse photography data. *Plant Species Biology*. 31(2): 148–152.
- Olfert OO, Gage SH, Mukerji MK. 1980. Aerial photography for detection and assessment of grasshopper (Orthoptera: Acrididae) damage to small grain crops in Saskatchewan. *The Canadian Entomologist*. 112(6): 559–566.
- Pape T. 2016. Taxonomy: species can be named from photos. *Nature*. 537: 307.
- Prodger P. 2009. Darwin's camera: Art and photography in the theory of evolution. New York (USA): Oxford University Press. 320 p.
- Rico-García E, Hernández-Hernández F, Soto-Zarazúa GM, Herrera-Ruiz G. 2009. Two new methods for the estimation of leaf area using digital photography. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11: 397–400.
- Rossner M, Tamada KM. 2004. What's in a picture? The temptation of image manipulation. *The Journal of Cell Biology*. 166(1): 11–15.

- Sabino J. 2009. Técnica e ética da fotografia do comportamento animal: dos pioneiros à era digital. *Oecologia Brasiliensis*. 13: 209-221.
- Schofield G, Katselidis KA, Dimopoulos P, Pantis JD. 2008. Investigating the viability of photo-identification as an objective tool to study endangered sea turtle populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 360: 103-108.
- Selden PA. 2014. A workflow for digital photography of fossil specimens. *The Geological Curator*. 10(2): 93-98.
- Simpson N, Barnes PG. 2008. Photography and contemporary botanical illustration. *Botanical Magazine*. 25(3): 258-280.
- Sonnentag O, Hufkens K, Teshera-Sterne C, Young AM, Friedl M, Braswell BH, Milliman T, O'Keefe J, Richardson AD. 2012. Digital repeat photography for phenological research in forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*. 152: 159-177.
- Sonohata RI, Sabino J. 2015. Use of photography in the understanding of biodiversity elements of the Pantanal and Bonito region. *UNOPAR Científica Ciências Humanas e Educação*. 16: 437-444.
- Stevens M, Stoddard MC, Highan JP. 2009. Studying primate color: towards visual system-dependent methods. *International Journal of Primatology*. 30: 893-917.
- Suetsugu K, Hayamizu M. 2014. Moth floral visitors of the three rewarding *Platanthera* orchids revealed by interval photography with a digital camera. *Journal of Natural History*. 48(17-18): 1103-1109.
- Talbot WHF. 1844. *The Pencil of Nature*. London (UK): Longman, Brown, Green & Longmans.
- Thorpe SE. 2017. Is photography-based taxonomy really inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences? A reply to Ceriaco et al. (2016). *Zootaxa*. 4226 (3): 449-450.
- Troscianko J, Stevens M. 2015. Image calibration and analysis toolbox – a free software suite for objectively measuring reflectance, colour and pattern. *Methods in Ecology and Evolution*. 6: 1320-1331.
- Troscianko J, Skelhorn J, Stevens M. 2017. Quantifying camouflage: how to predict detectability from appearance. *BMC Evolutionary Biology*. 17:7.
- Trathan PN. 2004. Image analysis of color aerial photography to estimate penguin population size. *Wildlife Society Bulletin*. 32(2): 332-343.
- Weller MW, Derksen DV. 1972. Use of time-lapse photography to study nesting activities of birds. *The Auk*. 89(1): 196-200.
- Winterton SL, Guek HP, Brooks SJ. 2012. A charismatic new species of green lacewing discovered in Malaysia (Neuroptera, Chrysopidae): the confluence of citizen scientist, online image database and cybertaxonomy. *ZooKeys*. 214: 1-11.
- Wijeyamohan S, Sivakumar V, Read B, Schmitt D, Krishnakumar S, Santlapillai C. 2012. A simple technique to estimate linear body measurements of elephants. *Current Science*. 102(1): 26-28.
- Würsig B, Jefferson TA. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. Report of the International Whaling Commission. 12: 43-52.
- You-Ching F. 1980. Aerial photo and landsat image use in forest inventory in China. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 46(11): 1421-1424.