Methods for monitoring populations of pangolins (Pholidota: Manidae)

Prepared by the IUCN SSC Pangolin Specialist Group

and IUCN Global Species Programme

November 2018

Acknowledgements

Thank you to the U.S. Fish and Wildlife Service which generously supported the project through which this guidance was developed, 'Equipping pangolin range states to better implement CITES and combat wildlife trafficking through developing monitoring methodologies.' The project was led by Dan Challender. Thank you to Daniel Ingram and Daniel Willcox for undertaking the two systematic literature reviews that informed the development of this guidance. Thank you to the IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group, specifically Caroline Lees and Jamie Copsey, for co-designing and facilitating the workshop in which this guidance was developed. Similarly, thank you to Daniel Ingram, Helen Nash, Carly Waterman, Daniel Willcox and Caroline Lees, for forming the organising committee for the workshop. Thank you to workshop facilitators: Jamie Copsey, Rachel Hoffmann and Keri Parker. A special thank you to Dana Morin from Southern Illinois University (now Mississippi State University) for her expertise on designing ecological monitoring methods, and Alison Johnston from the University of Cambridge for her statistical expertise; both of which were invaluable to the workshop. Thank you to members of the IUCN SSC Pangolin Specialist Group and non-members who contributed to this project in various ways, including completing the questionnaire on ecological monitoring methods for pangolins. Finally, thank you to all participants for their hard work, energy and enthusiasm across the three days of the workshop in which this guidance was primarily developed.

Suggested citation:

IUCN SSC Pangolin Specialist Group (2018). Methods for monitoring populations of pangolins (Pholidota: Manidae). IUCN SSC Pangolin Specialist Group, % Zoological Society of London, London, UK.

Table of Contents

Executive summary 3
1. Introduction 6
2. Methodology 8
3. Introduction to pangolin biology and ecology 10
4. Challenges and opportunities 15
4.1 Challenges to detecting and monitoring pangolins 15
4.2 Opportunities for detecting and monitoring pangolins 19
5. Key research needs to inform pangolin monitoring 23
6. Métodos de monitorização e abordagem para pangolins 24
6.2 Investigação social 34
6.3 Armadilhagem fotográfica 39
6.4 Amostragem genética não invasiva (gNIS) 46
6.5 Telemetria 50
6.6 Cães detetores 53
6.7 Armadilhas fotográficas colocadas em árvores 58
6.8 Pontos de contagem 62
6.9 Caixas-ninho artificiais 64
6.10 Prospeção exaustiva de parcelas 67
6.11 Prospeção/reconhecimento 69
6.12 Monitorização acústica 71
6.13 DNA derivado de invertebrados (iDNA) 74
6.14 Ciência cidadã 77
7. References 78

Executive summary

There are eight species of pangolin, four of which are native to Asia and four native to Africa, all of which are primarily threatened by overexploitation for illegal international trade and local use. However, despite high levels of exploitation, both historic and contemporary, there is a dearth of quantitative data on and knowledge of pangolin populations, with few exceptions. There are also inherent challenges to detecting and monitoring pangolins, including a lack of knowledge of their ecology and behaviour and the fact that they evade detection in non-targeted biodiversity surveys (Khwaja *et al.*, in prep.; Willcox *et al.*, 2019). However, there is an urgent need for robust ecological monitoring methods for pangolins, in order to better understand the status of populations and the impact of exploitation with which to inform conservation management and policy-making at the local to international level. This need has been recognised by CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) by pangolin range states, and by the IUCN SSC Pangolin Specialist Group.

The aim of this guidance is to equip pangolin range states and conservation practitioners with methods that can be used to detect and monitor pangolin populations, including estimating occupancy, abundance and other parameters of interest. It was developed using a combination of systematic literature reviews, a questionnaire with selected experts and a three-day workshop held in Cambridge, UK in July 2018. It is intended that this document, including future iterations, will provide guidance for government agencies and conservation practitioners seeking to detect, monitor and generate knowledge of pangolin populations in order to inform conservation management. Information is provided on the methods used to develop this guidance, an introduction to pangolin biology and ecology, challenges to, and opportunities for detecting and monitoring pangolin populations, and key research needs for monitoring pangolins. Given the limited knowledge of pangolins researchers and conservationists are encouraged to synthesise and publish incidental pangolin records that they possess to help fill these knowledge gaps.

A proposed approach to pangolin monitoring is presented in addition to a number of methods for monitoring the species. The proposed approach incorporates principles of both targeted and adaptive monitoring in order that future pangolin monitoring avoids the pitfalls of surveillance monitoring. Incumbent to this approach is hypothesis testing about ecological systems and how the target of monitoring (i.e. populations of pangolins) may respond to management decisions, which requires a comprehensive understanding of the underlying ecological systems being studied. While there is not yet such an understanding for pangolins, key research needs to fill knowledge gaps are discussed. Fourteen methods are presented that either have immediate application to the detection and monitoring of one or more species (burrow counts, social research, camera trapping, non-invasive genetic sampling (gNIS), telemetry and detection dogs), methods that have potential application but have not been applied to specific species yet, and methods that have theoretical application but application is dependent on field testing and evaluation (arboreal camera trapping, point counts, artificial nest boxes, exhaustive plot surveys, acoustic monitoring, invertebrate-derived DNA [iDNA]). The application of citizen science is also discussed. In some instances applicable methods have been combined (e.g., burrow counts and camera trapping) and for a number of methods application is dependent on the generation of basic ecological knowledge (e.g., home range size estimates).

If selecting methods for detecting and monitoring pangolin populations it is advisable to read through this guidance in its entirety before selecting methods for implementation. In addition, specific research and monitoring questions, the local context and available resources will need to be considered when deciding on the most appropriate method(s) to use. Consideration should also be given to existing knowledge on the status of pangolin populations at sites, if it exists, and whether more active monitoring methods may be appropriate (e.g., burrow counts, detection dogs) where densities and detection rates will be very low, compared to passive (‘wait and see’) methods (e.g., camera trapping). There are likely to be sites and circumstances where much more frequent repeat monitoring is needed (e.g., where poaching levels are high) compared to others, while habitat heterogeneity, topography and other circumstances may prevent using a successful approach at other

sites even for the same species. In almost all cases it will also be important to collect data and information on hunting/poaching pressure at sites as a key determinant of pangolin presence, occupancy, abundance or other parameter of interest, as well as habitat and other environmental variables. A further key consideration is whether application of a specific method could result in adverse consequences for the target species. For example, if the use of artificial nest boxes would make it easier for poachers to harvest pangolins, the method should not be used. It is also advisable when designing monitoring programmes based on this guidance to seek appropriate expertise at the design stage. This will likely mean involving statisticians, ecological monitoring experts and social scientists to ensure that the design of monitoring programmes is robust and have sufficient statistical power to detect changes in the parameter(s) of interest. In developing this guidance, every effort has been made to consider the variability of sites, habitats, species and local contexts but there are likely circumstances not covered by this guidance. In such circumstances, method selection should be based on the monitoring or research question being asked, the local context and expert advice.

1. Introduction

Pangolins (Pholidota: Manidae) are small to medium-sized myrmecophagous mammals adorned with individual, overlapping scales made of keratin. There are eight species globally, four of which are native to Asia, the Chinese pangolin *Manis pentadactyla*, Indian pangolin *M. crassicaudata*, Sunda pangolin *M. javanica* and Philippine pangolin *M. culionensis*, and four that are native to sub-Saharan Africa, the black-bellied pangolin *Phataginus tetradactyla*, white-bellied pangolin *P. tricuspis*, giant pangolin *Smutsia gigantea* and Temminck's ground pangolin *S. temminckii*. The placement of the species in three genera *Manis, Phataginus* and *Smutsia* is based on morphological and genetic evidence (Gaudin *et al.*, 2009; Gaubert *et al.*, 2018). However, CITES follows the nomenclature adopted by Wilson and Reeder (2005) which places all species in the genus *Manis*.

All species of pangolin are primarily threatened by overexploitation for illegal international trade and local use, having been categorised as Critically Endangered, Endangered or Vulnerable on The IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2018). However, despite high levels of exploitation, both historic and contemporary, there is a dearth of quantitative data on and knowledge of pangolin populations. The need for ecological monitoring methods for pangolins was discussed in CITES in the late 1990s (see CITES, 2001a, b) but subsequently received little concerted or coordinated attention. Consequently, existing assessments of pangolin status have relied on proxy measures including local ecological knowledge and international trade, trafficking and market dynamics (e.g., Zhang 2009; Nash *et al.*, 2016; Willcox *et al.*, 2019). An exception is South Africa which has national population estimates based on extrapolated densities (see Pietersen *et al.*, 2016a). Estimates also exist for China (see Wu *et al.*, 2002, 2004). This general lack of knowledge is in part due to pangolins being understudied compared to many species (Challender *et al.*, 2012), but also due to a number of inherent challenges in detecting and monitoring the species. For example, they do not use forest trails or other easily identifiable routes when traversing habitat and often go undetected in non-targeted biodiversity surveys (Buchan *et al.*, in prep.; Willcox *et al.*, 2019).

There is an urgent need for the development of ecological monitoring methods for pangolins. The best available evidence indicates that populations of Asian pangolins have declined severely as a result of overexploitation, by more than 95% in some places according to some estimates (Duckworth *et al.*, 1999). Similarly, in the last decade, there has been a transfer of international trafficking attention to Africa, with estimates suggesting that the scales of many tens of thousands of African pangolins have been illicitly traded to Asian markets (Challender and Waterman, 2017; Heinrich *et al.*, 2017). Robust monitoring and survey methods for pangolins are needed in order to better understand the status of populations and the impact of exploitation. This information is needed to inform conservation management at local and national levels and policy-making at the international level (e.g., CITES). Such assessments are also critical to understanding the effectiveness of conservation interventions designed to mitigate the threats that pangolins face. This urgent need has been recognised by CITES in Res. Conf. 17.10 *Conservation of and trade in pangolins*, by pangolin range states at the First Pangolin Range States meeting held in 2015 (Anon, 2015), by the IUCN SSC Pangolin Specialist Group in its 2014 global action plan 'Scaling up Pangolin Conservation' (Challender *et al.*, 2014a) and in national and regional pangolin conservation strategies developed since (e.g., Lee *et al.*, 2018).

This guidance was developed as part of a project, 'Equipping pangolin range states to better implement CITES and combat wildlife trafficking through developing monitoring methodologies', funded by the U.S. Fish and Wildlife Service and implemented by the IUCN SSC Pangolin Specialist Group in collaboration with the IUCN Global Species Programme. It is hoped that this document, including future iterations, will provide guidance for government agencies and conservation practitioners seeking to detect, monitor and generate knowledge of pangolin populations in order to inform conservation management.

2. Methodology

In order to develop this guidance a number of activities were undertaken including systematic literature reviews, a questionnaire on detecting and monitoring pangolins that was completed by experts, and a three-day workshop that was held in Cambridge, UK in July 2018.

Two systematic literature reviews were completed in late 2017–early 2018 to evaluate the effectiveness of methods applied to detecting and monitoring pangolin populations and species ecologically similar to pangolins respectively. Both reviews followed best practice guidance developed by the Collaboration for Environmental Evidence (2013). The first review comprised an evaluation of all traceable efforts to survey for and monitor pangolin populations, including attempts to detect and survey populations, produce population estimates, assess conservation status, and ecological research undertaken (see Willcox *et al.*, 2019). The second review evaluated the effectiveness of applied methods to detect and monitor populations of species that are ecologically similar to pangolins in order to identify methods that may have application to pangolins (see Ingram *et al.*, 2019).

An online questionnaire was subsequently developed through which to solicit expert insight on existing application of methods to monitoring pangolin populations, associated challenges and opportunities, notable successes and failures, and key research needs to inform effective monitoring programmes. The questionnaire was completed by 65 respondents comprising invited academics, researchers and conservation practitioners working directly on pangolin monitoring projects or with appropriate expertise. The questionnaire was completed in June and July 2018 using SurveyMonkey.

The systematic reviews and questionnaire were used to inform a three-day workshop 'Developing ecological monitoring methods for pangolins' held in Cambridge, UK on 24–26th July 2018. The workshop convened 36 practitioners, researchers and academics with expertise on pangolins, ecological monitoring programmes and statistics. This included individuals working in 16 pangolin

range states across the distribution of the eight species: Cameroon, Central African Republic, China, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Kenya, Liberia, Malaysia, Nepal, Pakistan, Philippines, Taiwan, Singapore, South Africa and Uganda.

The workshop included sessions focused on: 1) determining the most appropriate conservation management questions for pangolins; 2) challenges and opportunities for effective detection and monitoring of populations; 3) experiences of detecting and monitoring pangolins; 4) the pros, cons, challenges and potential solutions for the application of specific methods for different species; and, 5) for the most appropriate methods, the development of guidance on: a) the parameter of interest (e.g., occupancy, abundance), b) sampling design, c) effort and resource allocation, and d) intended statistical analyses. Methods were designed following guidance on long-term ecological monitoring presented in Gitzen *et al*. (2012), but also considered targeted and adaptive monitoring approaches, recognising limitations to surveillance monitoring (see Nichols and Williams, 2006; Lindenmayer and Likens, 2009).

While certain methods have proven and immediate application to specific species of pangolins, others require piloting and further field testing and evaluation to determine their feasibility and suitability for monitoring pangolins. In some cases methods are dependent on the generation of basic ecological knowledge to inform their application (e.g., home range size to determine appropriate sampling units). Key research needs to inform monitoring are presented in Section 5.

3. Introduction to pangolin biology and ecology

Pangolins are widely distributed in Asia and Africa. In Asia, this extends from northern and eastern Pakistan, south throughout the Indian subcontinent including Sri Lanka, and from the Himalayan foothills east, including Bhutan, Nepal and parts of Bangladesh, across southern China, including Taiwan and Hong Kong, and south throughout mainland and parts of island Southeast Asia, including the Palawan faunal region in the Philippines (Gaubert, 2011; Challender *et al.*, 2014b). In Africa, three species *P. tricuspis*, *P. tetradactyla* and *S. gigantea* occur in west and central Africa, while *S. temminckii* ranges across east and southern Africa and fringes parts of central Africa (Kingdon *et al.*, 2013).

Pangolins occur in a range of habitats including tropical and sub-tropical forests, bamboo, coniferous and broadleaf forests, arid thorn forests, and riverine and swamp forests, savannah woodland and grasslands, savanna-forest mosaics, and artificial landscapes including gardens and monoculture plantations (Gaubert, 2011; Kingdon *et al.*, 2013). Most species are likely habitat generalists, and their distribution is largely determined by that of their prey species; pangolins are myrmecophagous, predating on ants and termites and are prey selective (Irshad *et al.*, 2015; Pietersen *et al.*, 2016b). However, they are known to consume other insects (Irshad *et al.*, 2015). As predators of ants and termites, pangolins perform an ecosystem service by regulating social insect populations. Pangolin distribution and presence may also be determined by water source availability, though *S. temminckii* is largely water independent (Pietersen *et al.*, 2016a). Hunting and poaching pressure is likely to be a key determinant of pangolin presence and occupancy, but the animals can persist in diverse habitats if not persecuted.

All pangolin species are solitary, except when mating or rearing young, and predominantly nocturnal, though most species have been observed active during the day (e.g., Richer *et al.*, 1997; Pietersen *et al.*, 2014). An exception is *P. tetradactyla* which is diurnal (Booth, 1960; Kingdon *et al.*, 2013). The eight species can be distinguished by size and weight, by scale disposition, size and colour, the

presence/absence of a tail pad at the tail tip and tail length among other characteristics (Pocock, 1924; Gaubert and Antunes, 2005). Adult weights range from around 2 kg for *P. tricuspis* and *P. tetradactyla* to about 33 kg for *S. gigantea* (Table 1).

Reports suggest that some pangolin species are sexually dimorphic, with males being 10-50% larger than females (Phillips and Phillips, 2018), but this does not apply to all species, including *S. temminckii* (Kingdon *et al.*, 2013; D. Pietersen, unpubl. data). All species give birth to one young at parturition, and though twins have been reported, they are considered to be rare (MacDonald, 2006; though see Mahmood *et al.*, 2015a). Gestation periods between species reportedly range from 140 to 372 days (Chin *et al*., 2011; Kingdon *et al.*, 2013; Zhang *et al*., 2015). Available evidence indicates a defined breeding season for *M. crassicaudata* (July–October; Mahmood *et al.*, 2015a) and *M. pentadactyla* (Zhang *et al.*, 2016), while for *M. javanica*, *S. gigantea* and *S. temminckii*, breeding is aseasonal (Kingdon, 1971; Zhang *et al.*, 2015), and for *P. tricuspis* and *P. tetradactyla* it is continuous (Kingdon *et al.*, 2013). The Asian species may breed annually; a single wild female *M. pentadactyla* in Taiwan has been observed giving birth in consecutive years (N. Sun, *pers. comm.* 2018); frequency of breeding is otherwise unknown but could be annual or biennial. Weaning of young typically occurs at 4-7 months of age (Lim and Ng, 2008a; Kingdon *et al.*, 2013), but young *S. gigantea* do not become independent until their mother gives birth again (Kingdon *et al.*, 2013). Age at sexual maturity is not known for all species, but is reached at 1– 1.5 years of age in *M. pentadactyla* and *M. javanica* (Zhang *et al*., 2015; 2016). Population recruitment rates for all species are unknown. Lifespan in the wild is unknown, and though rare, in captivity pangolins have lived up to 19 years (Wilson, 1994; Yang *et al*., 2007).

Four pangolin species are fossorial, i.e. burrow dwelling: *M. pentadactyla*, *M. crassicaudata*, *S. gigantea* and *S. temminckii*. Each of these species digs their own burrows, with the exception of *S. temminckii* which typically uses burrows dug by other species (e.g., aardvark *Orycteropus afer*). Giant pangolins are also known to use burrows dug by other species (H. Khwaja, *pers. comm.*). Burrows

Table 1. Locomotor category, activity pattern, body mass, estimated home range size and density estimates for pangolins

Species	Locomotor category*	Activity pattern**	Body mass (kg)***	Home range size	Estimated density (individuals/km^2 unless detailed otherwise)
Manis pentadactyla	F	N	3.64	69.9 ha, ♂ (n = 3), Northern Taiwan 24.4 ha, ♀ (n = 1), Northern Taiwan Lu (2005)	0.043/km^2, Guangxi, China 12.8/km^2, Taiwan Chinese National Forestry Administration (2008), Pei (2010)
*Manis crassicaudata*****	F	N	11.96		0.0001 – 0.37/km^2, Potohar Plateau, Pakistan 0.36/km^2, Margalla Hills, Pakistan 0.044/km^2, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan 5.69/km^2,Yagirala Forest Reserve, Sri Lanka Irshad *et al.* (2015), Mahmood *et al.* (2015b, 2018), Pabasara (2016)
Manis javanica	A, F, S	N	4.54	36.4 – 90.7 ha, ♂ (n = 4), Singapore 6.97 ha, ♀ (n = 1), Singapore Lim and Ng (2008a, c)	
Manis culionensis	A, F, S	N	4.54	59 – 120 ha, ♂ (n = 3), Philippines 47 – 75 ha, ♀ (n = 2), Philippines Schoppe and Alvarado (2016, in prep. a).	Mean adult density: 2.5±1.4/km^2 Schoppe and Alvarado (in prep. b)
Phataginus tetradactyla	A	D	2.09		
Phataginus tricuspis	A, F, S	N	1.54		0.84/km^2, Lama Forest Reserve, Benin (dry season) Akpona *et al.* (2008)
Smutsia gigantea	F	N	33.00		
Smutsia temminckii	F	N	9.59	9.28 – 22.98 km^2, ♂ (n = 4), Sabi Sands, South Africa 0.65 – 6.66 km^2, ♀ (n = 8), Sabi Sands, South Africa 10.0 ± 8.9 km^2 for adults (n = 7), 7.1 ± 1.1 km^2 for juveniles (n = 6), Kalahari, South Africa Swart (2013), Pietersen *et al.* (2014)	0.11/km^2 Gokwe, Zimbabwe 0.12 reproductively active adults/km^2, Sabi Sands, South Africa 0.24/km^2 (overall), Sabi Sands, South Africa 0.16/ km^2 reproductively active adults/km^2, Kalahari, South Africa 0.23/km^2 (overall), Kalahari, South Africa Heath and Coulson (1997), Swart (2013), Pietersen *et al*. (2014)

*F = Fossorial, A = Arboreal, S = Scansorial. **N = Nocturnal, D = Diurnal. ***From Myhrvold *et al.* (2015). ****Density estimates in Pakistan are based on one active burrow equating to one pangolin, but this assumption requires further testing.

typically comprise feeding or resting burrows, though resting burrows are sometimes dug adjacent to subterranean ant nests or termitaria. Resting burrows are characteristically much larger than feeding burrows with longer entrances, one or more excavated chambers, and may have multiple entrances and exits (Trageser *et al.*, 2017; Bruce *et al.*, 2018). Pangolins are known to construct a false wall when occupying resting burrows, seemingly to avoid detection by and/or afford protection from predators (Trageser *et al.*, 2017; Karawita *et al.*, 2018). Although fossorial, these species will use other resting structures and spaces including between tree buttresses, under large rocks, in dense grass/thickets, and under fallen logs.

Three pangolin species are semi-arboreal: *M. javanica*, *M. culionensis* and *P. tricuspis*. Adept climbers, they rest in tree hollows and fallen tree trunks and logs, and within the forks of tree branches among other structures. *Mani culionensis* is known to rest in trees and under rocks (Schoppe and Alvarado, 2015). Each of these species has a fleshy tail pad on the ventral side of the tail tip; the tails are prehensile and serve as a fifth limb when climbing and are capable of supporting the animal's full body weight. Typically, fossorial and semi-arboreal pangolins will rest in a burrow for 2–3 nights before moving to another burrow (Lim and Ng, 2008a; Pietersen *et al.*, 2014; N. Sun *pers. comm.* 2018)

Phataginus tetradactyla is almost exclusively arboreal but will descend to the ground to cross open areas (including roads), or when pregnant/carrying a juvenile (M. Gudehus, unpubl. data). Some reports suggest this species is semi-aquatic because it is an able swimmer, like all pangolins, and purportedly moves across its range using swamps and flooded areas (Gaubert, 2011). However, numerous subsequent records of this species occurring in lowland forests away from water bodies casts doubt on this notion; records from along river banks and riverine forests may be due to breaks in the forest canopy enabling detection. Like the semi-arboreal species, *P. tetradactyla* relies heavily on its tail when climbing.

Little is known about social structure in pangolins. Research suggests that *M. pentadactyla*, *P. tricuspis* and *S. temminckii* are polygynous, with males occupying mutually exclusive home ranges, each of which

overlaps with those of several females (Heath and Coulson, 1997; Kingdon *et al.*, 2013). Other research has, however, suggested that *S. temminckii* may be monogamous with the home ranges of a single male and female closely mirroring each other (Pietersen *et al.* 2014). *Manis culionensis* may also be polygynous (Schoppe *et al*., in prep). *Phataginus tricuspis* is territorial (Kingdon *et al.*, 2013) but territoriality is poorly understood in *S. gigantea*. In contrast, *S. temminckii* does not defend a territory, but like some other pangolin species it does scent mark using urine (Kingdon *et al.*, 2013). Existing research has produced some estimates of parameters important to ecological monitoring programmes, including home range size and densities, though various knowledge gaps remain for serval species (see Table 1). This information suggests that *S. temminckii* occurs at naturally low densities (Pietersen *et al.*, 2014); in contrast, *M. pentadactyla* has been recorded at densities of up 12.8 pangolins/km^2 in Taiwan (Pei, 2010).

Pangolins do not vocalise but they do make considerable noise when digging into or tearing apart ant nests and termitaria (Willcox *et al.*, 2019) and sniff and exhale audibly while foraging. They have a distinctive odour, and some species also secrete a foul-smelling scent from glands near the anus (Kingdon *et al.*, 2013). They do not make latrines but will conceal their scat; *M. javanica* is known to bury its faeces in captivity (Willcox *et al.*, in prep.), *S. temminckii* buries its scat or defecates in burrows (D. Pietersen and W. Panaino, *pers. obs.*), and *P. tetradactyla* has been observed defecating in tree hollows high up in the forest canopy (R. Cassidy, *pers. obs.*). Pangolins otherwise leave a number of field signs including burrows (feeding and resting), footprints and tracks, tail drags, claw marks, and feeding signs (e.g., disturbed ant nests and termitaria). However, confidently attributing such signs to pangolins, as opposed to other species, and/or distinguishing signs between sympatric pangolin species, is challenging, and in many cases is impossible based on visual assessments alone. Predators of pangolins include large cats (e.g., lion, tiger, leopard, clouded leopard), sun bears, pythons, hyenas, possibly jackals, and chimpanzees (Lim and Ng, 2008b; Kingdon *et al.*, 2013; Phillips and Phillips, 2018).

4. Challenges and opportunities

4.1 Challenges to detecting and monitoring pangolins

There are a number of challenges to detecting and monitoring pangolins. They include a lack of detailed information and knowledge of the ecology and behaviour for most species with which to inform the design of suitable monitoring protocols, challenges to the application of specific methods, and practical constraints to monitoring in terms of logistical and resource issues. The latter includes the need for conservation practitioners to generate funding for staff time to undertake monitoring; lack of capacity in local organisations in pangolin range states; problems associated with acquiring necessary permissions to complete monitoring; restrictions limiting the application of specific methods (e.g., prohibition on taking dogs into national parks in Thailand) and, the presence of hazardous species (e.g., elephant, lion, and tiger) at sites where monitoring is to be conducted. Although recognising these issues, the remainder of this discussion focuses on challenges associated with the actual application of methods for detecting and monitoring pangolin populations.

A major challenge to monitoring pangolins is a lack of knowledge of the species' life history, ecology and behaviour. Although some basic knowledge exists (see Section 3), many gaps remain that would aid in the design of monitoring protocols. For instance, the absence of home range size estimates for multiple species, including across habitat types and seasons, makes it difficult to accurately determine suitable sampling units for various species. Lack of information on pangolin densities (see Table 1), again including across different habitat types and by season, prevents approximate estimation of pangolin populations by scaling up site densities across the extent of geographic ranges (e.g., Hearn *et al.*, 2017). Little is known about habitat use, preferences (though see Swart, 1996; Wu *et al.*, 2003; Mahmood *et al.*, 2014; Pietersen *et al.* 2014) and whether pangolin ecology differs between natural habitats and artificial and degraded landscapes (Lim and Ng, 2008c). Micro-habitat use is also not well understood. For example, it is currently not known what determines the use of different resting structures (e.g., tree hollows, fallen logs, dens, tree forks, swamps) by different species and the extent of trail use by different species. Equally, if and how levels of activity and circadian patterns differ

between species, by season, the lunar phase, and climatic conditions, remains largely unknown (though see Pietersen *et al.*, 2014) but will influence detectability and application of methods discussed in this guidance document. In addition, over-exploitation has resulted in some pangolin populations being left in difficult-to-access mountainous areas, particularly in parts of South-east Asia, which while providing some protection from hunting, presents challenges to the application of standard monitoring techniques.

There are also challenges and limitations to detecting and monitoring pangolins using specific methods. Pangolins have been infrequently recorded on camera-traps set as part of general biodiversity surveys (Willcox *et al.*, 2019), especially where populations have been heavily depleted. For example, in an analysis of available camera trap records across Asia incorporating more than 100 surveys and over 290,000 trap nights, resulting detection rates for *M. javanica*, *M. crassicaudata* and *M. pentadactyla* were lower than 0.01 (detections per five-day sampling occasions; Khwaja *et al.*, in prep.). Placing camera traps at suspected or known field signs over 13,260 camera-trap-nights did not improve detection rates for *M. javanica* (ZSL, 2017); it also did not guarantee detection of *S. gigantea* in Cameroon (Bruce *et al.*, 2018). Placing camera traps randomly did generate sufficient detections (47 in 29,188 trap nights) to model *M. javanica* occupancy for three study sites in Borneo, but only when combined with detection information across a community of mammal species using Bayesian methods (Wearn *et al.*, 2017). Camera traps may have some application for ground-dwelling pangolins where populations have not gone through substantial declines or where they can be used at sufficient scale and density, though the resources involved may make this prohibitively expensive (Willcox *et al.*, in prep.). Due to their pelage characteristics and the current image sensor resolution of commonly-used camera traps it is not yet possible to identify individual pangolins using natural 'marks' such as the scale pattern and disposition of individuals (though see Section 4.2), which precludes the use of capture-recapture methods for estimating density. Estimating densities using camera traps without individual recognition (Rowcliffe *et al.*, 2008) is in its infancy but is a current active research area (e.g., Augustine *et al.*, 2018; Stevenson *et al.*, 2018).

Further frustrating detection and monitoring efforts is the fact that attributing field signs to pangolins is challenging (perhaps with the exception of burrows for some species; see below). This is because the animals create signs (e.g., feeding signs, scratch marks) that are similar to many other species (e.g., mongoose, red river hog, monitor lizards, duikers and porcupines among others), and sympatric pangolin species, and in many instances, it is not possible, even for experienced surveyors, to confidently determine that signs were made by a pangolin, or indeed a specific pangolin species. Additionally, pangolin scat is buried, left in burrows, or reportedly deposited in tree hollows, hindering the direct application of scat-based methods (e.g., estimating occurrence based on scat or using DNA-based capture-recapture).

Burrow occupancy and burrow count/density methods have been applied to pangolins but challenges remain to their application. Locating burrows is difficult for multiple species. They may be concealed by vegetation or in difficult to access locations. For example, *M. pentadactyla* is reported to prefer burrows on slopes with a gradient of 30-60° with a high degree of undergrowth (see Wu *et al.*, 2003). Equally, *S. gigantea* and *S. temminckii* are known to use resting structures other than burrows, though determination of when and under what conditions is unknown for *S. gigantea.* Research on *S. temminckii* suggests use of structures other than burrows is opportunistic; dispersing individuals tend to use these structures with adults with established home range invariably using burrows (Pietersen *et al.*, 2014). It is also difficult to identify and locate resting structures for semi-arboreal and arboreal pangolins meaning burrow or den-based methods cannot be applied to these species. For example, resting structures may comprise tree hollows at different heights or within fallen logs, or under large rocks among others. Additionally, confidently identifying pangolin burrows, and burrows excavated by other species but which are being used by pangolins, is also a challenge, as can be distinguishing between feeding and resting burrows. A lack of knowledge on burrow occupancy is another challenge. It is not known how many burrows individual pangolins use over time or the rate at which new burrows are created or commandeered, with one exception. Lin (2011) estimated that over 249 tracking days in Taiwan, a male *M. pentadactyla* used 72–83 resting burrows and a female, 30–40 resting burrows. It is otherwise known that some species, including *M. javanica* and *S. temminckii*,

tend to use one burrow for 2–3 nights before moving to another (Lim and Ng, 2008a; Pietersen *et al.*, 2014). Equally, there have been observations of *M. crassicaudata* where three individuals were using one burrow at the same time (Mahmood *et al.*, 2015a).

Nocturnal surveys have been used to monitor pangolins but also present challenges. Pangolins do not have a strong eye shine which precludes detection (Willcox *et al.*, in prep.), and when this method was attempted on *M. javanica* in Singapore, the animals moved away when they detected the presence of surveyors (H. Nash, *pers. comm.*). The probability of detection using this method is insufficient for population monitoring. In Malaysian Borneo, night transects resulted in only one detection of *M. javanica* per 50 km walked (O. Wearn, *pers. comm.*), while transects conducted at night by vehicle resulted in zero sightings despite a transect length of 200 km (O. Wearn, *pers. comm.*). Conversely, conducting transects along swept pathways in tropical forest (to avoid creating noise from leaf litter) in Central African Republic did result in the detection of *P. tricuspis* with comparatively little survey effort (see Willcox *et al.*, in prep.).

Radio-telemetry based methods have been successfully used to monitor *M. pentadactyla*, *P. tricuspis* (e.g., Pagès, 1975), *S. temminckii*, and seemingly *M. culionensis* (see Willcox *et al.*, in prep). However, a key challenge is not being able to locate the animals when they are in burrows (N. Sun, *pers. comm.*). For other species, in particular *M. javanica*, a key challenge is preventing the detachment of radio-tags. This follows detachment rates of up to 80% in the first 14 days of tracking, despite the application of methods used for other pangolin species (Willcox *et al.*, in prep.). Other challenges associated with telemetry-based methods include the breakage of equipment during foraging and burrow entry (e.g., antennas), the size and lifespan of batteries, equipment cost, and GPS accuracy, all of which could be improved.

A number of other methodological challenges have also been identified. Although pangolins are known generally to prey on ants and termites, there is currently insufficient information on more specific prey preferences for most species, and if and how this changes by season, in order to inform

potential monitoring methods targeted towards prey species. Finally, while local communities can be a valuable source of information and data on pangolins, challenges to applying social science research methods include uncertainty regarding the reliability of data and site level recall, the ability of local people to differentiate between sympatric pangolin species, and issues of trust over sharing information and data.

4.2 Opportunities for detecting and monitoring pangolins

Despite the challenges outlined above, there are myriad opportunities for improving detection and monitoring of pangolins, and existing methods have had some success. Based on estimated densities of mature *S. temminckii* and its geographic range in South Africa, Swaziland and Lesotho, Pietersen *et al.* (2016a) estimated the mature population size in this region to be within the range of 7,002–32,135 individuals, and most likely 16,329–24,102 individuals. Populations in China have also been estimated (see Wu *et al.*, 2002, 2004). In addition, long-term research has been conducted in Taiwan, which has demonstrated the application of a variety of methods for monitoring populations, including burrow occupancy and mark-recapture methods to estimate population size, the application of radio-telemetry and camera trapping. This research is generating knowledge of *M. pentadactyla*, for example on social structure, burrow occupancy and breeding ecology (e.g., Pei, 2010; Sun *et al.*, 2018). The presence of all eight pangolin species has also been detected using camera traps, and there has been success in estimating multi-year trends in occupancy and abundance, albeit imprecisely, using camera-trap data for *M. javanica* but only when combined with detection information from a community of mammal species using Bayesian methods (Wearn *et al.*, 2017). Radio-telemetry methods have enabled estimates of home range size for *M. culionensis* and *S. temminckii* (Table 1). Local ecological knowledge has been used to assess the status of species including *M. pentadactyla* (Nash *et al.*, 2016).

Conservation research on pangolins is being undertaken by an increasing number of government agencies, academics and conservation practitioners across pangolin range states on all eight species.

This includes research to fill important knowledge gaps (see Section 5) and methods encompassing radio telemetry, camera trapping, citizen science, social science research methods, burrow counts, occupancy and mark-recapture methods, transect-based methods, night surveys, and detection dogs, among others. These efforts are having some success. Recent research on *S. gigantea* in Gabon has generated reasonable detection probabilities using camera traps (K. Abernethy, *pers. comm.*), and similar research is underway in Uganda (S. Nixon, *pers. comm.*), while detection dogs have been successfully trialled in the detection of *M. pentadactyla* and *M. javanica* and their signs, including buried scat, in Nepal and Vietnam (Anon, 2018). New field techniques and methods are also being generated. For example, ant-eating chats *Myrmecocichla formicivora* in South Africa may hover over *S. temminckii* when it is foraging diurnally which could have application for detecting this species (W. Panaino, *pers. comm.*). Similarly, marking *S. temminckii* individuals by drilling a hole in the non-vascular part of a dorsal scale is being trialled in order to employ mark-recapture methods (W. Panaino, *pers. comm.*). Research in Taiwan and Sabah, Malaysia on *M. pentadactyla* and *M. javanica* respectively, indicates that when flies are present at the entrance to burrows, there is a very high likelihood that the burrow is occupied by a pangolin (N. Sun and E. Panjang, *pers. comm.*). Additionally, identification of individual *S. gigantea* on camera trap images using scale pattern and disposition is being trialled in Uganda (S. Nixon, *pers. comm.*).

There are also potential statistical and modelling solutions to the current challenge of sparse pangolin data, caused by low detectability. Estimation of population parameters is central to monitoring for conservation and management decisions. However, monitoring pangolins is generally difficult, and is compounded where populations have been reduced by overexploitation and where detection rates are low. There is a rich and on-going history of statistical methodological developments to improve estimation of population parameters. Critical to this process has been the acknowledgement that individuals and species are not detected perfectly, and that imperfect detection can bias population estimates, while unmodeled heterogeneity in detection can compromise inference and mask or mislead important effects on populations. The use of model selection practices (i.e., multimodel inference based on information criteria) in the estimation of population parameters has resulted in

prolific research on the factors that affect those parameters, substantially improving our ability to make informed management decisions. Bayesian estimation can allow for more precise estimates, even when density, occupancy, or detection is low, and hierarchical models improve inference by directly linking hypotheses about the underlying state space (what determines the distribution of individuals across space) to observational models of how we detect those patterns imperfectly. Models are available to estimate occupancy, abundance, and density from numerous field study methods and can often be tailored to the study system at hand. There are also an increasing number of options for estimating density for species without natural marks or with partial marks that could prove applicable for pangolin monitoring. Thus, by simultaneously considering the parameters of interest, the field methods and statistical models available, it is possible to provide more rigorous estimates and robust inferences about pangolin status and trends over time than has been possible to date.

Opportunities might also exist in technology in the future. For example, the advent of 'Narrowband IoT' (Internet of Things) and 5G will likely mean it will become standard for camera traps to transmit high resolution photographs to researchers in real time, perhaps having used built in machine learning to filter the images down to only those containing pangolins (A. Davies, *pers. comm.*), which would improve the efficiency of monitoring. The introduction of thermopiles and bolometers (which detect species based on a low-resolution thermal image of a species) in the next few years might also offer a low-cost alternative to camera traps for detecting particular species, including pangolins. Advances are also being made in other areas including acoustic-based monitoring devices (e.g., AudioMoth) and open source bio-logging equipment, the group aggregated purchase of which (e.g., through GroupGets) means such technology is becoming much more affordable. Challenges, remain, however in processing large volumes of audio data. The use of gNIS (non-invasive genetic sampling including eDNA and faecal DNA) or iDNA (iDNA; e.g., from leeches or other invertebrates in the environment; Schnell, 2015; Drinkwater *et al.*, 2018) could have application to detect and monitor pangolin populations. The use of RFID tags with Bluetooth or other technologies could also have application to signal when pangolins have entered or exited burrows, providing a 'doorbell' technique, which could aid in understanding when burrows are occupied. Finally, the use of drones could make getting fixes

on radio-tracked pangolins much more efficient than at present, particularly in areas that are hard to access or traverse (e.g., limestone forests).

5. Key research needs to inform pangolin monitoring

There is limited knowledge of pangolins and their ecology and biology which prevents effective application of a number of monitoring methods and hinders the generation of knowledge with which to manage populations. Research is needed to fill these knowledge gaps which should enable pangolin monitoring to be more targeted as opposed to opportunistic in the future. Researchers and conservation practitioners are encouraged to synthesise and publish incidental pangolin records that they possess to help fill these knowledge gaps. However, there are a number of specific research needs that were identified during the development of this guidance. They include the following:

- Knowledge of home range size for the different species and how it changes across habitats and by season, including distances travelled per unit of time (e.g., day).
- The factors determining the distribution of pangolins at the macro- and micro-scale.
- Potential habitat preferences, understanding of habitat use and if and how this changes by season, including natural habitat *versus* artificial and degraded landscapes, and the ability of pangolin species to persist in isolated blocks of monoculture habitat (e.g., oil palm plantations).
- Burrow occupancy and use and how this changes by species, sex, lunar phase and season, and factors determining the use of burrows *versus* other resting structures.
- The structure and demography of pangolin populations.
- Population recruitment and growth rates for the different species, and typical dispersal behaviour.
- Accurate circadian patterns and if and how they change by season.
- Prey preferences and if and how this changes by season.
- How pangolins adapt to anthropogenic disturbance.

6. Métodos de monitorização e abordagem para pangolins

Há ainda um longo caminho a percorrer para entender os pangolins e a sua ecologia de forma detalhada, a fim de efectivamente monitorizar e gerir as suas populações, e alcançar objetivos de conservação. No entanto, os sucessos e fracassos existentes e o interesse, financiamento e investigação crescente sobre pangolins, dão boas perspetivas de que as lacunas de conhecimento podem ser preenchidas a fim de orientar a monitorização e gestão da conservação. O objetivo destas recomendações é dotar os Estados da área de distribuição das espécies de pangolim e conservacionistas de métodos que possam ser usados para detetar e monitorizar as populações de pangolins, incluindo estimativas de ocupação, abundância e/ou outros parâmetros de interesse. Ao interpretar estas recomendações, é importante distinguir entre os métodos que têm aplicação comprovada e imediata ao estudo de pangolins, e aqueles que não foram ainda aplicados a estes animais, ou a espécies específicas, exigindo-se que sejam testados e avaliados no terreno para determinar sua viabilidade e adequabilidade. Em muitos casos, a aplicação do método está dependente da obtenção de conhecimento ecológico de base (por exemplo, estimativas de áreas vitais para determinar unidades de amostragem adequadas) para informar da viabilidade dos métodos discutidos neste documento de orientação.

A abordagem adotada no desenvolvimento destas recomendações foi de atender às considerações essenciais na concepção de programas de monitorização ecológica de longo prazo, adaptados de Gitzen *et al.* (2012). Estas incluem os seguintes componentes-chave de programas de monitorização:

- **Parâmetros de interesse:** principalmente presença, ocupação ou densidade, mas também abundância relativa, sobrevivência, seleção de recursos e outras informações sobre o uso do espaço. A discussão dos parâmetros de interesse abaixo, pressupõe o entendimento de que a confirmação da presença é o mínimo aceitável para a monitorização da população a longo prazo, seguido das taxas de ocupação, e que, apesar das estimativas de densidade (ou

abundância/área) fornecerem a maior e melhor informação para compreender a ecologia da espécie e a sua conservação, são também os mais difíceis de estimar e frequentemente requerem métodos mais exaustivos. A abundância relativa é um índice que tem sido usado por vezes como um substituto para os parâmetros da população. No entanto, a inferência é questionável pois é muito difícil cumprir os pressupostos necessários para atender à heterogeneidade subjacente às observações e contagens. É preferida a estimativa direta dos parâmetros (isto é, ocupação, abundância, densidade).

- **Análises estatísticas:** análises estatísticas possíveis, a serem realizadas para estimar os parâmetros de interesse.
- **Esquema de amostragem:** como as unidades de amostragem serão selecionadas, considerações sobre quais devem incluir estratificação por variáveis espaciais que possam influenciar os padrões de deteção e ocupação ou densidade, e a inclusão de fatores com implicações de conservação (estudo do estado das populações + questões inerentes).
- **Protocolo de amostragem**: como os dados serão recolhidos nas unidades de amostragem selecionadas, que informação deve ser registrada e qual a informação crítica para obter estimativas não-enviesadas dos parâmetros de interesse.
- **Planeamento e gestão do esforço:** o nível de esforço necessário para obter informações adequadas e de qualidade.

Como resultado, há uma série de métodos e abordagens propostos (ver Secção 6.1 – 6.14). Em alguns casos, os métodos foram combinados (por exemplo, o uso de contagens de tocas e foto-armadilhagem para determinar a ocupação) e os leitores são fortemente aconselhados a ler estas recomendações na sua totalidade antes de selecionar os métodos a implementar. O contexto local e os recursos disponíveis também precisam de ser considerados ao decidir sobre os métodos mais adequados. É provável que existam locais e circunstâncias em que seja necessária uma repetição mais frequente da monitorização (por exemplo, quando os níveis de caça furtiva são elevados) em comparação com outros, enquanto que a heterogeneidade do habitat, topografia e outras circunstâncias podem impedir a transposição de uma determinada abordagem para outros locais. Deverão ser também ser considerados

o contexto local e o conhecimento existente sobre as populações de pangolins nos locais e se os métodos de monitorização mais ativos (por exemplo, contagens de tocas, o uso de cães detetores) serão apropriados em locais onde as densidades e as taxas de deteção vão ser muito baixas, em comparação com métodos passivos do tipo "Aguarde e veja" (por exemplo, foto-armadilhagem fotográfica). Em quase todos os casos, será importante recolher dados e informações sobre a pressão de caça/caça furtiva nos locais como fator determinante da presença, ocupação, abundância ou outros parâmetros de interesse sobre os pangolins. Outra consideração importante é se a aplicação de um método específico pode resultar em consequências adversas para as espécies-alvo. Por exemplo, se o uso de caixas-ninho artificiais pode facilitar a captura de pangolins por caçadores furtivos, o método deve ser evitado. É importante ressaltar que é aconselhável consultar especialistas ao projetar programas de monitorização com base nestas orientações. Isso significa envolver estatísticos, especialistas em monitorização ecológica e em ciências sociais para garantir que o plano de programas de monitorização seja robusto e tenha poder estatístico suficiente para detetar alterações no(s) parâmetro(s) de interesse (Gitzen *et al.*, 2012). Foram feitos todos os esforços para considerar a variabilidade dos sítios, habitats, espécies e contextos locais ao desenvolver estas recomendações, mas é provável que hajam circunstâncias suscetíveis de não estarem abrangidas pelas presentes recomendações. Nesses casos, a seleção do método deve ser baseada na pergunta a responder pela monitorização ou investigação, no contexto local e no aconselhamento de especialistas.

A abordagem aqui adotada foi também a de incorporar princípios de monitorização seletiva e adaptativa, e recomenda-se que os futuros esforços de monitorização de pangolins adotem esses princípios. Esta abordagem foi feita com a intenção de evitar que esforços futuros de monitorização de pangolins sofram com falhas na monitorização de vigilância, incluindo projetos mal delineados e focados (por exemplo, recolher dados de monitorização apenas por recolher), falta de hipóteses concretas ligadas à gestão que guiem os esforços de monitorização, e o uso ineficiente de recursos de conservação (ver Nichols e Williams, 2006). A intenção não é de descartar a monitorização de vigilância para pangolins, especialmente porque esta pode, e gera, informação útil para a gestão, mas

incentivar a que os futuros esforços de monitorização ecológicos de pangolins vão mais além da monitorização de vigilância. A monitorização seletiva é caracterizada pelo delineamento e implementação da amostragem serem baseados em hipóteses sobre a resposta dos sistemas biológicos ou ecológicos às decisões de gestão (Nichols e Williams, 2006). Isto implica a definição de objetivos de monitorização específicos com base nas necessidades de informações para a gestão da conservação, e em especial, a formulação de perguntas concretas para apoiar a tomada de decisões de gestão. Isso pode ser eloquentemente caracterizado como questões 'estado +', ou seja, colocar questões que fornecerão informações sobre o estado das espécies e informações úteis para a gestão da conservação, ao invés de fazer perguntas apenas sobre o estado. Por exemplo, uma questão alternativa a, "qual é a densidade de pangolins numa dada área?" poderia ser "serão maiores as densidades dos pangolins em áreas patrulhadas por guardas florestais?". Esta última questão, assumindo que estão a ser usados métodos de monitorização adequados a testar esta hipótese (por exemplo, através da monitorização em áreas comparáveis com e sem patrulhas), permitiria decisões de gestão informadas, ou baseadas em informação. Nesse caso poderia implicar um aumento da cobertura das patrulhas feitas por guardas florestais se as densidades observadas forem maiores em áreas patrulhadas. Embora a resposta a estas questões possam provavelmente exigir mais dados em comparação com a monitorização de vigilância, a grande vantagem desta abordagem é a capacidade de informar a gestão da conservação e de determinar o estado (ou seja, a abordagem é aditiva e não alternativa).

A monitorização adaptativa é caracterizada pela integração de novas questões na abordagem da monitorização, mas sem afetar a integridade dos indicadores-chave a serem medidos (ver Lindenmayer e Likens, 2009). Os programas de monitorização que adotam essas abordagens possuem várias características. Eles devem i) abordar questões bem definidas e tratáveis; (ii) ser baseados num delineamento estatístico robusto, iii) ser baseados num modelo conceptual do sistema a ser estudado e como os componentes do sistema, por exemplo, as populações das espécies poderão funcionar e responder, e iv) devem responder a questões relevantes para a gestão da conservação (Lindenmayer e Likens, 2009; Gitzen *et al.*, 2012). O desenvolvimento de modelos conceptuais da

espécie ou ecossistema em estudo é crítico para colocar questões adequadas. Embora tais modelos ainda não existam para os pangolins, estão a ser desenvolvidos e, no ínterim, os exercícios existentes que avaliaram a viabilidade das populações de pangolins e as pressões sobre eles podem proporcionar um substituto útil (por exemplo, Lee *et al.*, 2018). O uso de tais modelos permite a formulação de questões específicas, a fim de recolher dados que respondam a questões sobre o sistema e o objeto de monitorização (Lindenmayer e Likens, 2009).

Incumbente às monitorizações seletiva e adaptativa é o teste de hipóteses sobre como os sistemas ecológicos e o objeto da monitorização (por exemplo, ocupação de pangolins, abundância) podem responder às decisões de gestão. Isso requer a compreensão abrangente dos sistemas em estudo. Este não é atualmente o caso para os pangolins porque, até à data, têm recebido pouca atenção em termos de investigação. No entanto, as necessidades de investigação chave foram identificadas (ver Secção 6), as quais, se forem atendidas, deverão permitir uma melhor compreensão sobre as espécies de pangolim e sua biologia e ecologia, para apoiar a monitorização futura.

Existem 14 métodos apresentados no resto desta secção que são aplicáveis a uma, múltiplas ou todas as espécies de pangolim (Tabela 2). Vários desses métodos têm aplicação aos pangolins (por exemplo, contagens de tocas, investigação social), enquanto que alguns ainda não foram testados até o momento e requerem desenvolvimento, testes iniciais de aplicação no terreno e avaliação (por exemplo, armadilhas fotográficas colocadas em árvores, grelhas de deteção acústica) (ver Tabela 2). É importante distinguir entre esses métodos ao delinear programas de monitorização com base nestas recomendações. Além disso, a combinações de vários métodos podem melhorar a inferência de parâmetros de interesse e, em particular, a densidade populacional, que é frequentemente o objetivo final da monitorização da população. No restante desta secção cada método é apresentado com mais detalhes sobre o tipo de parâmetros para o qual podem fornecer informações e dados, sobre as espécies às quais são aplicáveis, e informações sobre a concepção de programas de monitorização adequados, utilizando estes métodos. Especificamente, para cada método, os seguintes componentes são discutidos: 1) Parâmetros de interesse, 2) Análises estatísticas, 3) Esquema de

amostragem, 4) Protocolo de amostragem, 5) Planeamento e gestão de esforço, 6) Pressupostos, 7) Esquema de reamostragem, 8) Vantagens e desvantagens, 9) Custo, e 10) quaisquer notas importantes. A discussão sobre a viabilidade da aplicação de um método onde as populações têm densidades baixas devido à sobre-exploração por exemplo, e onde espécies de pangolim simpátricas estão presentes, é apresentada na Secção específica para cada método, conforme for apropriado.

Tabela 2. Métodos de deteção e monitorização de diferentes espécies de pangolim. Métodos com aplicação demonstrada estão sombreados a verde escuro, métodos com aplicação potencial às espécies estão sombreados a verde claro, e métodos com aplicação teórica, mas que requerem validação do conceito ou teste no terreno e avaliação estão sombreados a laranja.

Secção da lista de recomendações	Método	Espécie							
		Fossorial				Semi-arborícola			Arborícola
		Manis pentadactyla	*Manis crassicaudat*	*Smutsia gigantea*	*Smutsia temminckii*	*Manis javanica*	*Manis culionensis*	*Phataginus tricuspis*	*Phataginus tetradactyla*
6.1	Contagem/deteção de tocas								
6.2	Investigação social								
6.3	Armadilhagem fotográfica								
6.4	Amostragem genética não invasiva (gNIS)								
6.5	Telemetria								
6.6	Cães detetores								
6.7	Armadilhagem fotográfica em árvores								
6.8	Pontos de contagem								
6.9	Caixas-ninho artificiais								
6.10	Prospeção exaustiva								
6.11	Prospeções/censos de reconhecimento								
6.12	Monitorização acústica								
6.13	iDNA								
6.14	Ciência cidadã								

6.1 Contagem ou deteção de tocas

As tocas têm sido usadas para estimar parâmetros ecológicos para pangolins, incluindo *M. pentadactyla*, e populações de *M. crassicaudata* em partes do Paquistão (por exemplo, Mahmood *et al.*, 2014). No entanto, as estimativas no Paquistão foram baseadas em várias pressupostos, incluindo a que uma toca ativa equivale à presença de um pangolim (ver Willcox *et al.*, 2019). No entanto, isto requer ser mais testado, pois sabe-se que os indivíduos de outras espécies de pangolim tipicamente usam uma toca durante 2-3 noites antes de se mudarem para outra e têm várias tocas "ativas"; animais conspecíficos também são conhecidos por usar tocas desocupadas de outros pangolins (ou seja, dois animais diferentes podem usar a mesma toca por um curto período de tempo).

É necessária mais investigação sobre a arquitetura das tocas, a ocupação e o uso por espécies que são principalmente fossoriais, *M. pentadactyla*, *M. crassicaudata* e *S. temminckii.* Além disso, embora *S. gigantea* seja fossorial, também é conhecida por usar outras estruturas para descanso e é igualmente necessária mais investigação para compreender melhor o seu uso de tocas *versus* outras estruturas, a fim de se saber se os métodos de monitorização baseados em tocas podem ser aplicáveis. A busca de tocas pode ser usada para confirmar presenças e estimar a ocupação, embora a deteção de tocas por si só não seja suficiente (deve haver a confirmação de que pelo menos uma toca num local é atualmente ocupada por um pangolim).

A deteção de tocas pode ser difícil, dependendo das características do habitat e do terreno, resultando em deteções perdidas (falsos negativos). No entanto, métodos estatísticos recentemente desenvolvidos com o objetivo de estimar as populações da tartaruga de Gopher nos E.U.A. combinam a amostragem por distâncias e a estimativa de taxas de ocupação de tocas (Stober *et al.* 2017) e oferecem a oportunidade de estimar a densidade de pangolins em espécies adequadas com considerações apropriadas dos esquemas de estudo e amostragem. Isso não será aplicável em todas as situações, especialmente em locais onde o acesso é difícil devido ao terreno; uma situação que é relevante para muitas das populações existentes de *M. pentadactyla*. Nestas situações pode ser preciso

considerar outros métodos, incluindo cães detetores (Secção 6.6) e levantamentos exaustivos de parcelas (Secção 6.10).

Aplicável ás espécies: *M. pentadactyla, M. crassicaudata, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação, abundância, densidade
Análises estatísticas	**Para confirmar a presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos anteriores possam ser usados para estimar o esforço que seria necessário para detetar uma toca ocupada (por exemplo, análise de poder estatístico) para garantir que é aplicado o esforço adequado. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica. **Para estimar a densidade:** um esquema de amostragem híbrido que combine amostragem por distâncias e estimativas de ocupação de tocas (ver Strober *et al.* 2017). A abundância pode ser derivada da densidade.
Desenho da amostragem	**Para confirmar a presença:** realizar prospeção sistemáticas por local ou por transectos e examinar tocas encontradas para confirmar pelo menos um indivíduo. **Para estimar a ocupação:** amostragem do(s) local(is) de estudo através da seleção aleatória ou sistemática de parcelas ou transectos separados, no mínimo, pelo diâmetro aproximado do tamanho da área vital da(s) espécie(s) de estudo. **Para estimar a densidade:** colocar aleatória ou sistemáticamente múltiplos pontos radiais ou transectos lineares, dependendo da questão a responder (Buckland *et al.* 2001).
Protocolo de amostragem	**Para confirmar a presença:** ao encontrar tocas, confirmar a ocupação usando um endoscópio/boroscópio, colocando uma armadilha fotográfica, ou varrendo a entrada da toca e deixando durante a noite. **Para estimar a ocupação:** registrar dados de deteção/não-deteção de tocas ocupadas e desocupadas em unidades de amostragem ao longo de visitas repetidas, ou utilizar múltiplos observadores independentes ou

	múltiplas buscas de tocas para estimar taxas de deteção. Ao encontrar tocas, confirmar a ocupação usando um endoscópio/boroscópio, colocando uma armadilha fotográfica, ou varrendo a entrada da toca e deixando durante a noite. **Para estimar a densidade:** um ou mais observadores independentes a seguir ou a atravessar cada transecto e a identificar tocas de pangolim, registrando a distância à qual cada toca é detetada ao transecto (usar um telémetro laser ou fitas métricas para estimar a distância, se for necessário). Ao encontrar tocas, confirmar a ocupação usando um endoscópio/boroscópio, colocando uma armadilha fotográfica, ou varrendo a entrada da toca e deixando durante a noite.
Planeamento e gestão do esforço	Simulações ou análises de poder estatístico podem ser usadas para determinar os tamanhos de amostra adequados, incluindo o número de locais (ocupação) ou número e extensão de transectos por área (ocupação ou densidade) e número de visitas repetidas (se estiver a usar replicações temporais para saber a ocupação do local). Veja o apêndice. Embora a densidade populacional seja o parâmetro ideal de interesse para fornecer informações sobre o estado da espécie e para decisões de gestão e conservação, quando a densidade populacional é muito baixa, pode ser preferível estratificar o esforço em áreas maiores e recolher dados menos intensivos para estimar a ocupação do local. Um estudo piloto de pequena escala poderia ajudar a determinar qual será a abordagem mais informativa dada as restrições financeiras e logísticas.
Pressupostos fundamentais	**Para confirmar a presença:** deve confirmar a presença de um pangolim vivo na toca (usando um endoscópio/boroscópio ou uma armadilha fotográfica). **Para estimar a ocupação:** os técnicos conseguem identificar com precisão as tocas de pangolim e distingui-las das tocas de outras espécies. A heterogeneidade na deteção de tocas consegue ser tida em conta (particularmente importante porque as diferenças no habitat, na cobertura vegetal e na sazonalidade podem afetar a deteção de tocas e devem, portanto, ser registadas e utilizadas como co-variáveis em modelos de ocupação). **Para a abordagem de estimativa de densidade por amostragem por distâncias e ocupação de toca:** os técnicos conseguem identificar com precisão as tocas de pangolim e distingui-las das tocas de outras espécies. A heterogeneidade na deteção de tocas consegue ser tida em

	conta (particularmente importante porque as diferenças no habitat, na cobertura vegetal e na sazonalidade podem afetar a deteção de tocas e devem portanto ser registadas e utilizadas como co-variáveis em modelos de ocupação).
Esquema de reamostragem	A repetição das prospeções pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo (por exemplo, verão e inverno, a cada três anos) e devem tomar em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* relativamente barato e rápido para implementar; é um método de monitorização ativo que provavelmente melhorará as taxas de deteção em comparação com detetores passivos. *Desvantagens:* pode exigir um grande número de transectos ou locais se a deteção e/ou ocupação forem muito baixas, incluindo em terrenos potencialmente perigosos. É necessária experiência para localizar e identificar tocas - isso pode exigir técnicos adicionais, incluindo membros da comunidade local ou povos indígenas.
Custo	Pode ser relativamente barato em comparação a alguns outros métodos, embora isso dependa do local. Requer apenas o uso de um GPS, uma fita métrica e um boroscópio ou equivalente, embora seja necessário treinar as equipas de técnicos em protocolos de amostragem. Serão necessários recursos substanciais para a amostragem por distâncias em vários tipos de habitats (por exemplo, florestas inundadas do tipo turfa-pântano, florestas perenes de pedra calcária) onde o acesso e a colocação de transectos é difícil.
Notas	A ocupação de tocas pode ser determinada rapidamente confirmando a presença da espécie estudada (por exemplo, varrendo a entrada das tocas [não aplicável em todos os habitats ou estações] e verificando rastros, usando armadilhas fotográficas fora das tocas, ou usando um endoscópio/boroscópio). Isso pode exigir visitas repetidas às tocas. Devem ser recolhidas informações sobre as características da toca ao encontrá-las (por exemplo, diâmetro da entrada, profundidade (se possível), tipo de habitat, inclinação, dimensão, vegetação circundante). Idealmente, os técnicos deveriam ser treinados antes da recolha de dados.

6.2 Investigação social

A investigação social, que, para fins destas recomendações, inclui métodos de investigação em ciências sociais assim como métodos que buscam obter conhecimento ecológico tradicional e local e dados de caça, tem sido usada para gerar informações, dados e conhecimento das populações de pangolim e fazer inferências sobre o estado das espécies (Newton *et al.*, 2008; Nash *et al.*, 2016). Existe uma variedade de métodos para recolher dados relevantes em comunidades locais e povos indígenas, assim como outras partes interessadas. Estes incluem, mas não estão limitados a questionários, vários tipos de entrevista (por exemplo, entrevistas não estruturadas e semiestruturadas), e mapeamento participativo, além de existir uma variedade de métodos que podem ser usados para fazer perguntas sensíveis (ver Nuno e St John, 2015). Estes métodos podem ser usados para recolher dados sobre a presença de pangolins (por exemplo, a nível local) e combinados com outros métodos para estimar a ocupação (Brittain *et al.*, 2018), que por sua vez podem também ser combinados com dados de áreas vitais para estimar a abundância e gerar índices relativos de abundância. No entanto, deve-se ter cautela em áreas onde mais de uma espécie de pangolim possa estar presente, pois os entrevistados podem descrever múltiplos "tipos" de pangolim (por exemplo, Newton *et al.*, 2008), mas estes podem não ser equivalentes a espécies. Os métodos de investigação social podem ser conjugados com métodos de campo, ao fornecer informações iniciais sobre as áreas onde prospeções mais intensivas possam ser produtivas no âmbito de uma amostragem adaptativa. Estes métodos têm aplicação a todas as espécies de pangolim, embora devam ser usados com cuidado em locais onde possam ocorrer espécies simpátricas.

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla*, *M. javanica*, *M. crassicaudata*, *M. culionensis*, *P. tricuspis*, *P. tetradactyla*, *S. gigantea*, *S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, índice relativo de abundância, ocupação
Análises estatísticas	**Para indicar presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora possam ser usados estudos prévios para determinar um número mínimo, e classes de entrevistados nos locais de estudo, que

	possam oferecer informações confiáveis sobre a presença de espécies numa área. A presença indicada ou confirmada pode ser usada como ponto de partida para uma amostragem mais intensiva integrada num protocolo de amostragem adaptativo para estimativas de ocupação, abundância ou densidade. **Para calcular índices relativos de abundância:** Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMMs); regressão; inferência estatística. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica.
Esquema de amostragem	**Para indicar presença:** censos sistemáticos estratificados na(s) região(s) de interesse. **Para calcular o índice relativo de abundância:** existem inúmeras maneiras de identificar locais e o método exato dependerá das questões específicas a responder (ver Newing, 2011). Por exemplo, os passos seguintes podem ser usados para selecionar locais aleatoriamente numa determinada área (por exemplo, ao redor de um parque nacional): usar uma grelha e amostragem estratificada para seleção aleatória de quadrículas da grelha e depois fazer uma seleção aleatória de aldeias em cada uma destas quadrículas. **Para estimar a ocupação:** dividir a área de estudo numa grelha de amostragem com tamanho de célula equivalente à área vital da(s) espécie(s) em estudo, para criar locais sobre os quais os entrevistados possam ter conhecimento sobre as espécies presentes. O número e a seleção de aldeias a serem prospetadas acerca da deteção de espécies nas quadrículas da grelha de amostragem dependerão do contexto geográfico, da densidade populacional humana e do uso da terra na área de estudo.
Protocolo de amostragem	**Para indicar a presença:** uma representação demográfica diversificada dos residentes locais e outras partes interessadas nas aldeias da região diminuirá possíveis enviesamentos da informação recolhida nesta fase (por exemplo, mulheres, caçadores, trabalhadores de plantações, etc.). **Para calcular o índice relativo de abundância:** o protocolo de amostragem a seguir dependerá das questões específicas que estão a ser colocadas, mas pode incluir questionários, entrevistas (incluindo

	métodos para fazer perguntas sensíveis) ou mapeamento participativo. Podem ser recolhidos dados sobre as características socio-demográficas (por exemplo, idade, emprego), rendimento (pessoal, agregado familiar), género e níveis de pobreza, além de informações sobre: distribuição de pangolins, níveis de caça e as suas tendências e a perceção sobre a abundância das espécies de estudo. Como os índices de abundância relativa podem ser altamente suscetíveis de enviesamentos resultantes de não se ter em conta as diferenças na deteção, deve ser dada particular atenção a quaisquer fatores que possam influenciar a deteção. Devem ser feitos esforços para explicar isso no delineamento do estudo assim como nas análises estatísticas e inferências subsequentes. **Para estimar a ocupação:** entrevistas a elementos da população das aldeias sobre a deteções de espécies dentro de cada "área" de amostragem servem como prospeções repetidas para compilar históricos de deteção. Uma representação demográfica diversificada dos residentes locais e outras partes interessadas na região além de diminuir possíveis enviesamentos, também pode ser usada como co-variáveis para a deteção (isto é, género, classe etária, tempo gasto em quadrículas específicas da grelha de amostragem, propósito das visitas a quadrículas específicas da grelha de amostragem). Outras considerações incluem o número mínimo de entrevistas exigidas por local, seleção de quais os inquiridos que identificam as espécies detetadas nas quadrículas de amostragem (por exemplo, incluindo controles positivos/negativos de espécies) e co-variáveis de ocupação e detetabilidade (o habitat deve ser incluído em ambos). **Para todos os métodos:** O mapeamento participativo para compreender onde é que o conhecimento das pessoas está concentrado espacialmente pode melhorar a precisão resultante. Também é importante garantir a padronização da técnica de entrevista/prospeção se estes forem realizadas por múltiplos técnicos. Perguntar sobre várias espécies pode disfarçar o foco em pangolins (o que poderia chamar a atenção e originar enviesamentos prejudiciais). Isso também pode ser usado como uma oportunidade de obter conhecimento ecológico sobre pangolins e outras espécies, e permite a investigação formal dessas relações (ou seja, modelos de co-ocorrência). É necessário cuidado em locais onde ocorrem espécies simpátricas para garantir que os inquiridos estejam a fornecer respostas precisas.
Planeamento e gestão do esforço	É necessário um planeamento exaustivo para conseguir prospeções eficazes (ver Newing, 2011) e, idealmente, deveriam ser consultados e incluídos sociólogos na fase de delineamento do projeto para produzir os melhores resultados. Simulações ou análises

	de poder estatístico podem permitir obter tamanhos de amostra adequados, incluindo o número de locais e o número de inquiridos, considerando uma variação esperada nas respostas (consulte o apêndice). Em estudos anteriores onde foram utilizados índices relativos de abundância, a realização de pelo menos 10 entrevistas a residentes de cada aldeia cumpriu com os níveis de saturação de resposta previstos, ou seja, verificou-se ser suficiente para capturar variação potencial existente nas respostas (ver Guest, 2006; Nash et ai., 2016).
Pressupostos fundamentais	**Para indicar presença:** os inquiridos sabem identificar e têm conhecimento sobre pangolins; os inquiridos conseguem diferenciar com precisão as espécies de pangolim onde ocorrem espécies simpátricas; os inquiridos estão dispostos a partilhar informações; os entrevistados serão capazes de se lembrar de informações relevantes e fornecer respostas honestas; os entrevistados entendem as perguntas que lhes são feitas. **Para calcular o índice relativo de abundância:** além do referido acima, para indicar a presença deve haver um pressuposto de que não há heterogeneidade na deteção. Noutras palavras, todos os inquiridos têm probabilidades iguais de detetar as espécies de interesse, ou a probabilidade acumulada de deteção pelos inquiridos para cada unidade de amostragem (ou seja, aldeia) é igual. Estes pressupostos são suscetíveis de não ser cumpridos e na maioria dos casos a ocupação será provavelmente um parâmetros de interesse mais adequado. **Para estimar a ocupação:** além do referido acima para indicar a presença, deve assumir-se que a capacidade de os entrevistados recordarem as espécies detetadas é espacialmente e temporalmente precisa dentro da escala das unidades de amostragem e o período de tempo de interesse.
Esquema de reamostragem	A repetição dos levantamentos pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo e devem tomar em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, a repetição de levantamentos nos mesmos locais deve usar os mesmos inquiridos.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens*: pode cobrir grandes áreas a um custo relativamente baixo; pode resultar na adquisição de informação histórica; existem vários métodos para fazer perguntas sensíveis; pode promover a adesão de membros locais no estudo e

	ações de conservação; pode fornecer informações iniciais imediatas sobre alterações de estado que podem ser mais difíceis de detetar com outras abordagens e que requerem investigação adicional. *Desvantagens:* existem potenciais barreiras culturais que podem precisar de ser superadas (ver pressupostos fundamentais); a investigação usando entrevistas pessoais tem considerações éticas e pode ser preciso autorização dos comités de ética das instituições envolventes. Ao não tomar em conta as considerações adequadas no delineamento do projeto de investigação (por exemplo, técnicas especializadas de prospeção onde a ilegalidade possa ser aparente) existe um risco de alertar as pessoas locais sobre o valor financeiro dos pangolins, o que podem levar a efeitos negativos involuntários, ou a que os entrevistados não estejam dispostos a fornecer respostas honestas. Colaborando com cientistas sociais e trabalhando com técnicos experientes pode ajudar a superar estas questões.
Custo	Baixo custo; necessária uma equipa relativamente pequena
Notas	A investigação social e as suas aplicações podem estender-se muito além dos parâmetros do estado da população aqui identificados. Por exemplo, as tendências de ocupação e abundância podem ser previstas usando informações sociais recolhidas sobre os esforços de caça (reais e percecionados) ou a perceção sobre as tendências populacionais. As taxas de captura derivadas de métodos de investigação social podem ser usadas como co-variáveis na probabilidade de extinção local em modelos de ocupação dinâmica. Além disso, esta classe de métodos requer um conjunto definido de competências diferente dos métodos mais comuns de monitorização ecológica e as diferenças e dificuldades inerentes devem ser respeitadas e consideradas antes e durante o início dos programas de monitorização. Em particular, é essencial seguir as orientações éticas apropriadas, incluindo a obtenção do consentimento livre, prévio e informado dos inquiridos. A colaboração de cientistas sociais experientes é altamente recomendada para garantir que todas as ações estejam em conformidade com os padrões éticos, que o protocolo de amostragem seja adequado e que os resultados sejam imparciais.

6.3 Armadilhagem fotográfica

A armadilhagem fotográfica tem sido usada para determinar a presença de todas as espécies de pangolim e, embora de forma imprecisa, tem havido sucesso na estimativa de tendências plurianuais de ocupação e abundância, usando dados de armadilhas fotográficas para *M. javanica* (O. Wearn, *pers. comm.*). As taxas de deteção existentes têm sido baixas em muitos locais, devido a uma combinação de falta de conhecimento que permita saber os locais onde colocar as armadilhas fotográficas, estas não serem direcionadas a pangolins e às populações ter diminuído severamente em alguns locais. O uso de armadilhas fotográficas será mais eficaz em locais onde populações de pangolins terrestres existam em altas densidades (ou seja, não tenham diminuído severamente) ou quando os esquemas de amostragem forem estratificados em áreas de densidades variáveis de forma a garantir taxas de encontro adequadas para estimar probabilidades de deteção.

Este método pode ser usado com confiança para confirmar a presença de espécies, estimar a ocupação e potencialmente estimar a densidade se os pressupostos específicos não forem violados. Por exemplo, existem aplicações para estimar a densidade utilizando modelos espaciais de captura- recaptura ou marcação/re-observação se alguns ou todos os indivíduos encontrados são reconhecidos individualmente (Royle e Young 2008; Kane et al 2015). Embora hajam métodos disponíveis para estimar a densidade usando taxas de encontro de indivíduos não identificados, incluindo o modelo de Royle-Nichols que relaciona a ocupação com a abundância (Royle e Nichols 2003), os modelos de encontros aleatórios (Rowcliffe *et al.*, 2008), ou os modelos "não identificados " (Chandler e Royle 2013), a precisão e o rigor de todas essas abordagens podem ser fortemente influenciadas quando não são observados pressupostos rigorosos (Cusack *et al.* 2015, Burgar *et al.* 2018). No entanto informações suplementares sobre a movimentação de animais melhorar o desempenho destes modelos. O desenvolvimento de métodos de estimativas da densidade de indivíduos não identificados usando armadilhas fotográficas num local de investigação ativamente estudado em permanência e o valor destes modelos neste contexto é ainda muito debatido. Aplicações recentemente desenvolvidas incluem amostragem por distâncias para armadilhas fotográficas (Howe

et al., 2017) e outras adaptações de métodos de pontos de contagem (Moeller, 2017), mas estas ainda são relativamente pouco testadas. Alguns delineamentos, modelos e considerações possíveis para tentar estimar a densidade de indivíduos não identificados são apresentados abaixo. Mais informações sobre esquemas de amostragem e pressupostos estão disponíveis em Wearn e Glober-Kapfer (2017). No entanto, dados os potenciais problemas extensivamente demonstrados na literatura e que se sabem influenciar a estimativa de densidade usando indivíduos não identificados, , é altamente recomendável que os técnicos procurem colaborar com ecologistas quantitativos experientes para garantir resultados fiáveis antes do investimento inicial de recursos. Também é aconselhável aninhar esquemas de amostragem para que, se não for possível obter estimativas de densidade ou estas não tiverem precisão suficiente, os dados recolhidos possam ainda ser usados para estimar as taxas de ocupação.

Este tratamento é limitado a aplicação de armadilhas fotográficas terrestres e exclui o uso potencial ou armadilhas fotográficas colocadas em árvores (ver Secção 6.7).

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. crassicaudata, M. javanica, M. culionensis, S. gigantea, S. temminckii, P. tricuspis*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação, abundância, densidade
Análises estatísticas	**Para confirmação de presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora possam ser usados estudos prévios para determinar um esforço mínimo relativamente ao número de armadilhas a usar e a duração da sua instalação no terreno para conseguir informações confiáveis sobre a presença de espécies numa área. A presença indicada ou confirmada pode ser usada como ponto de partida para desenvolver uma amostragem mais intensiva como parte de um protocolo de amostragem adaptativo para obter estimativas de ocupação, abundância ou densidade. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica.

	Para estimar a densidade: os métodos possíveis podem incluir amostragem por distâncias (Howe *et al.*, 2017), modelação de encontros aleatórios (Rowcliff e *et al.*, 2008), modelos não identificados com informação prévia sobre a área vital(Burgar *et al.*, 2018) ou modelos espaciais de marcação/re-observação se um subconjunto da população estiver identificado (como no uso de dispositivos de seguimento por telemetria; Sollmann *et al.*, 2013a).
Desenho da amostragem	**Para confirmar a presença:** as armadilhas devem ser colocadas em áreas com alta probabilidade de deteção (isto é, presumíveis de entradas de tocas). Infelizmente, as armadilhas fotográficas ao longo de trilhos raramente detetaram pangolins e isso deve-se provavelmente ao uso limitado de trilhos pela maioria das espécies. Tem sido sugerido que pelo menos algumas espécies de pangolins movem-se ao longo das orlas de estruturas naturais e que a deteção poderia ser melhorada colocando armadilhas ao longo de galhos de árvores abatidas ou usando estruturas de interceção (*drift-fences*) para direcionar os pangolins para o campo de visão da armadilha. O uso de várias armadilhas numa determinada área aumentará a probabilidade de deteção e diminuirá o tempo de instalação no terreno necessário até que a presença de uma espécie seja confirmada. Mais informações sobre o tipo de armadilha fotográfica e o seu uso estão detalhadamente documentados em vários livros e artigos de revisão (O'Connell *et al.*, 2010, Sunarto *et al.*, 2013, Meek *et al.*, 2014; Wearn e Glober-Kapfer, 2017) e devem ser consultadas. **Para estimar a ocupação:** use uma gama de armadilhas fotográficas em toda a área do estudo, escolhendo de preferência o tamanho das quadrículas (unidade de amostragem) com base na área vital da(s) espécies-alvo, colocando pelo menos uma armadilha colocada na direção do centro de cada célula da grelha de amostragem. As armadilhas devem ser colocadas de forma a maximizar a deteção (veja acima para confirmar a presença) fazendo os possíveis por uma representatividade equitativa em toda a área de estudo. Se a estratégia ideal de posicionamento da armadilha for desconhecida, as armadilhas devem ser posicionadas o mais próximo possível dos centros das células (aleatoriamente). Desta forma, podem ser descobertas características de micro-habitat usados por pangolins, o que pode ser útil para saber onde colocar armadilhas numa estrutura de amostragem adaptativa futura. As armadilhas precisam de ser espaçadas de acordo com a área vital de um animal, conforme descrito acima, caso contrário, será investigado o uso do local, em vez da ocupação. Se estiver a investigar os fatores que afetam a ocupação (por exemplo, o tipo de uso do solo ou pressão de caça/caça furtiva), a colocação da armadilha deve ser estratificada em todos os tipos de tratamento ou em vários gradientes para igual representatividade.

	Para estimar a densidade: *aqui são feitas considerações básicas sobre o desenvolvimento de várias abordagens para estimativas da densidade, mas os detalhes e limitações devem ser encontrados na literatura primária associada.* Para os modelos de encontro aleatório (REM) e amostragem por distâncias, a colocação de armadilhas fotográficas deve ser aleatória (por exemplo, sistematicamente aleatórias) em todo o local do estudo (tecnicamente *aleatório no que diz respeito ao movimento dos animais*; veja Rowcliffe *et al.* 2013). Isto pode ser combinado com a amostragem estratificada por tipo de habitat geral, sendo o 'não-habitat' conhecido excluído *a priori*. Para o REM e a amostragem por distâncias, as armadilhas devem, idealmente, ser colocadas suficientemente afastadas umas das outras para garantir a sua independência, ou seja, com uma distância superior ao diâmetro da área do território. Para a marcação/re-observação espacial (SMR), as armadilhas fotográficas devem ser espaçadas a uma distância aproximada do diâmetro da área vital (2σ) para maximizar o número de indivíduos expostos à rede de armadilhas usadas para a deteção, e permitir também a recaptura de indivíduos por múltiplas "armadilhas". A extensão da rede de armadilhas aumenta inversamente à densidade populacional (ver Sun *et al.*, 2014 para orientação).
Processo de amostragem	**Para confirmar a presença:** a deteção de um indivíduo da espécie alvo é suficiente para confirmar a presença. Informações adicionais sobre as áreas onde as espécies de pangolins são confirmadas ou não detetadas, incluindo co-variáveis locais (por exemplo, habitat, vegetação, perceção local da caça ou caça ilegal, etc.) ou co-variáveis de pesquisa (duração da instalação das câmaras no terreno, condições meteorológicas e climáticas, detalhes de configuração específicos das armadilhas fotográficas), podem todas ajudar a identificar características associadas à presença de pangolins e orientar protocolos de amostragem mais intensivos. **Para estimar a ocupação:** as deteções de uma espécie ao longo do tempo de instalação das armadilhas são utilizadas para compor uma história de captura para cada local. A duração de amostragens repetidas (por exemplo, dias, semanas, meses) dentro de uma sessão completa (duração da instalação da câmara) irá variar dependendo da duração da amostragem e da escala de inferência, mas deve ter em conta os pressupostos de limite geográfico e temporais (quando uma espécie é detetada num local, o modelo pressupõe que uma espécie esteve sempre presente num local e disponível para ser detetada em todos os levantamentos de uma sessão). Se a taxa de deteção em diferentes locais puder ser diferente, devem ser registadas as co-variáveis ou fatores correlacionados com ou diretamente relacionados com estas diferenças (por exemplo, altitude, temperatura, estação, precipitação) para contemplar a possível heterogeneidade na deteção.

	Para estimar a densidade: o protocolo de amostragem dependerá da modelação selecionada (as recomendações para cada caso são dadas em Wearn e Glover-Kapfer, 2017). As considerações devem incluir o modo como as armadilhas fotográficas são configuradas para registrar as deteções e o tempo de instalação e as sessões secundárias para os pressupostos de limites temporais e geográficos.
Planeamento e gestão do esforço	**Para confirmar a presença:** dependendo do esquema de amostragem, num estudo anterior foram necessárias aproximadamente 6.000 armadilhas/noite de armadilhagem para detetar uma espécie de pangolim mas poderá ser necessário um esforço menor (uma única armadilha durante uma única noite) se for combinado com outras técnicas que identifiquem potenciais tocas. **Para estimar a ocupação:** Com o apoio de simulações e análises de poder estatístico, a decisão do número de armadilhas necessárias, o tempo de instalação e o número de "ocasiões" (sessões secundárias) irá depender das taxas de ocupação e deteção (ver apêndice), Dada a baixa ocupação esperada e a baixa probabilidade de deteção de pangolins em algumas paisagens, é provável que seja necessária uma amostragem intensiva (por exemplo, mais de 100 pontos por grelha de amostragem, cada um amostrado por mais de 60 dias). **Para estimar a densidade:** dependente do método selecionado. Devem ser usados exercícios de simulação para garantir a maior probabilidade de sucesso na obtenção de estimativas de densidade e identificar fatores que possam enviesar as estimativas (consulte o apêndice).
Pressupostos fundamentais	**Para confirmar a presença:** as armadilhas podem operar pelo tempo suficiente para detetar uma espécie, o que pode ser relativamente demorado, devido às baixas taxas de deteção. As espécies podem ser identificadas com precisão pelas fotos produzidas com cada tipo de armadilha utilizada e não serão identificadas incorretamente. **Para estimar a ocupação:** específica para aplicações de armadilha fotográfica, as espécies podem ser identificadas com precisão pelas fotos produzidas pelo tipo de câmara utilizada e não serão identificadas incorretamente.

	Para estimar a densidade: *A informação seguinte é específica para métodos de armadilhagem fotográfica salientados no esquema da amostragem. Pressupostos adicionais e limitações podem ser encontradas na literatura primária associada.* Para REM e amostragem por distâncias, os locais e a orientação das armadilhas fotográficas são selecionados de modo a que os encontros de animais com as armadilhas sejam aleatórios e não sejam influenciados pela colocação da armadilha. **Para re-observação de marcas espaciais:** se as marcas são artificiais, os locais de etiquetagem para o processo de marcação também devem ser considerados na estimativa das taxas de re-observação, senão as densidades resultantes irão distorcer positivamente com o aumento da extensão espacial do espaço de estado (viola os pressupostos de que indivíduos marcados e não marcados têm igual probabilidades de deteção, ver Whittington *et al.*, 2018 para solução).
Esquema de reamostragem	A repetição das amostragens para estimar as alterações na ocupação, densidade e/ou abundância, pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo. Deve tomar em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, as armadilhas fotográficas deveriam ser colocadas nos mesmos locais fixos na replicação das amostragens. Sujeito ao plano do estudo, a reamostragem pode implicar a replicação da amostragem em diferentes locais.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* método altamente estandardizado e replicável; não invasivo; de baixa manutenção; dimensionável; os resultados podem ser integrados em análises de maior escala; pode usar probabilidades de deteção de outras espécies para completar a modelação e estimar a abundância (por exemplo, usando modelação hierárquica bayesiana); produz registros verificáveis. *Desvantagens:* usando os métodos atuais as taxas de deteção são baixas para espécies de pangolim, o que significa que é necessário um grande esforço no terreno (tempo e extensão da rede de armadilhas) para recolher dados suficientes (por exemplo, 30-60 dias para confirmar a presença numa rede passiva); a manipulação de dados pode ser demorada, embora o software de manipulação de dados já esteja disponível (por exemplo, ZSL Camera Trap Analysis Package, camtrapR; revisto em Scotson *et al.*, 2017; Young *et al.*, 2018); risco de roubo ou dano das armadilhas; o posicionamento otimizado da armadilha pode ser difícil; as taxas de deteção baixas reduzem drasticamente o poder de detetar tendências espaciais e temporais.

Custo	Os custos iniciais com equipamentos são elevados, mas podem ser reduzidos através da partilha de equipamentos. As câmaras fotográficas podem ser reutilizadas em vários levantamentos, mas a sua vida útil em habitats tropicais húmidos é limitada (por exemplo, três anos). A armadilhagem fotográfica com base na ocupação pode ser o método mais económico e informativo se a colocação da armadilha fotográfica puder ser melhorada.
Notas	A armadilhagem fotográfica será provavelmente mais eficaz onde as populações de pangolins não tiverem sofrido declínios acentuados ou se for usada em locais com densidades suficientemente altas para permitir probabilidades de deteção realistas**. Esta aplicação é muito limitada em áreas com baixa densidade ou ocupação, pois a potência e a precisão estão diretamente relacionadas com o estado da população e as taxas de deteção, que também são baixas.** Entretanto, a armadilhagem fotográfica também pode ser usada para fazer inferências sobre o uso do habitat e padrões de atividade, novamente assumindo um número de deteções suficiente. Também pode ser combinado com outros métodos (ver contagens de tocas, uso de cães detetores, caixas de ninho artificiais). O desenvolvimento de metodologias adicionais para melhorar substancialmente a deteção aumentará o valor deste método para a monitorização de pangolim.

6.4 Amostragem genética não invasiva (gNIS)

O uso de amostragem genética não invasiva (gNIS) refere-se a um amplo conjunto de amostragens e análises laboratoriais que descreve a recolha não invasiva de amostras de dejetos, pelos, água, solo ou outros materiais que ocorrem naturalmente no ambiente (Taberlet *et al.*, 1996; Waitss e Paetka, 2005; Bohmann *et al.*, 2014) e a extração e amplificação de DNA (usando PCR) para identificar as amostras a nível das espécies ou indivíduos. O sucesso da amplificação depende de fatores como a taxa de degradação do ADN, que é específica de cada espécie assim como o tipo de amostra, e depende do tempo e das condições ambientais (temperatura, humidade, exposição aos raios UV, etc.). Têm sido desenvolvidas metodologias rigorosas de recolha, análise laboratorial e estatística nas últimas duas décadas, com vista à redução do potencial de identificação incorreta e contaminação das amostras (ver Waits e Paetkau (2005) para uma revisão inicial). A colaboração com geneticistas da vida selvagem altamente qualificados no trabalho com ADN de baixa qualidade e quantidade é vivamente recomendada para reduzir erros muito comuns e produzir resultados fiáveis. A amostragem usando gNIS pode ser usada para determinar a presença e estimar a ocupação quando as amostras são identificadas ao nível da espécie, e a densidade quando pelo menos um subconjunto de amostras é identificado ao nível individual (Augustine *et al.*, 2018).

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. javanica, M. crassicaudata, M. culionensis, P. tricuspis, P. tetradactyla, S. gigantea, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação, abundância, densidade
Análises estatísticas	Modelação de ocupação; modelação de ocupação hierárquica para contemplar sub-amostras aninhadas.
Desenho da amostragem	**Para confirmar a presença:** há várias aplicações potenciais de gNIS que permitem a confirmação da presença incluindo a amostragem sistemática de corpos de água, ou uma amostragem mais dirigida ao solo para localização de potenciais tocas ou dejetos. Este método pode

	ser especialmente eficaz quando combinado com o uso de cães detetores (ver Secção 6.6). **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica. **Para estimar a densidade:** modelos espaciais de captura-marcação/recaptura, marcação/re-observação e modelos espaciais de identidade parcial (SPIM) associados podem ser usados quando todos ou um subconjunto das amostras são identificados ao nível do indivíduo.
Protocolo de amostragem	**Para confirmar a presença**: as taxas de amplificação podem variar entre espécies e condições e, consequentemente, são necessários estudos-piloto para otimizar os protocolos de amostragem (Taberlet *et al.*, 2012, Lonsinger *et al.*, 2015, Woodruff *et al.*, 2015). Estudos anteriores noutras regiões sobre a deteção de outros taxa em corpos de água sugerem que devem ser recolhidos 1 a 2 litros de água. As quantidades e os métodos de amostragem de outros materiais (por exemplo, solo das tocas, dejetos, etc.) devem basear-se inicialmente em orientações para circunstâncias semelhantes, mas otimizadas com base em estudos piloto de degradação. A recolha de dados sobre co-variáveis ambientais incluindo clima, meteorologia recente e condição das amostras, e sobre o local da amostragem, como tipo de habitat, vegetação, pressão de caça e/ou outras ameaças ajudariam a identificar características associadas à presença e orientar protocolos de amostragem mais intensivos. **Para estimar a ocupação:** a amostragem de deteções pode ser repetida ao longo do tempo nos locais ou em replicações espaciais ao longo de transectos (ver Hines *et al.*, 2010). Aplicam-se considerações semelhantes para a confirmação da presença, e os falsos positivos podem ser tidos em conta nos modelos com a inclusão e dados suplementares (Chambert *et al.*, 2015). **Para estimar a densidade:** a amostragem pode ser repetida ao longo do tempo nos locais ou em replicações espaciais ao longo de transectos (ver Fuller *et al.*, 2016, Sun *et al.*, 2017, Morin *et al.*, 2018). Estudos piloto para avaliar a degradação descrita acima devem ser direcionados para a amplificação do DNA para obter a identificação correta de indivíduos através de amostras não invasivas (ver Waits e Paetkau, 2005).

Planeamento e gestão do esforço	O esforço e alocação de recursos variam muito dependendo dos parâmetros de interesse, as condições locais e o nível de conhecimento genético atual das espécies. A colaboração com geneticistas da vida selvagem com experiência no desenho de *primers* e metodologias de gNIS é altamente incentivada e ajudará na definição dos requisitos do estudo.
Premissas-chave	**Para confirmar presença:** quando forem usados métodos metagenómicos, uma correspondência de ADN não equipará categoricamente à presença de espécies-alvo no local amostrado porque o eDNA pode ser disperso, e o potencial de 'falsos positivos' deve ser tido em conta no desenho do estudo. Quando são usados *primers* de nDNA ou mtDNA, assume-se que o desenvolvimento adequado de *primers* excluiu a possibilidade de amplificação cruzada com outras espécies potenciais (por exemplo, ver de Barba *et al.* 2014, Wultsch *et al.*, 2015). **Para estimar a ocupação:** assume-se que os potenciais falsos positivos foram tratados a montante na fase de concepção de *primers* ou estimados a partir de dados suplementares (Chambert *et al.*, 2015). **Para estimar a densidade:** assume-se que os indivíduos não são identificados erroneamente (fantasmas e sombras; ver Sethi *et al.*, 2014).
Esquema de reamostragem	A repetição das amostragens para estimar as alterações na ocupação, densidade e/ou abundância, pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo. Deve tomar em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente as amostragens deveriam ser repetidas sempre nos mesmos locais. A identificação individual poderia permitir a estimativa de alterações nas taxas demográficas, incluindo o crescimento populacional usando modelos populacionais abertos.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens*: não invasivo; a recolha de amostras requer o mínimo de treino e um único esquema de amostragem implica esforços de campo mínimos (basta visitar cada local uma ou duas vezes); pode ser usado para determinar a presença de espécies simpátricas. *Desvantagens*: é relativamente pouco testado em pangolins; o trabalho de laboratório é caro e requer elevados níveis de especialização; o processo de obtenção de licenças para a movimentação internacional de

	amostras pode ser difícil e demorado; as referências de DNA são pobres para muitos mamíferos tropicais, incluindo pangolins.
Custo	Geralmente caro, mas os custos podem ser reduzidos através da colaboração com parceiros locais com laboratórios. Isso também preveniria a necessidade do movimento internacional de material e a obtenção de licenças da CITES. Além disso, os custos iniciais serão reduzidos com o aumento do trabalho em genética dos pangolins (criando coleções de referência e concebendo *primers*).
Notas	São necessários elevados níveis de especialização e treino em laboratório. Existem já empresas comerciais e grupos de investigação universitários especializados em gNIS que devem ser consultados. O investimento inicial na genética de pangolins pode já estar em andamento em atividades de fiscalização. Os métodos de gNIS podem aumentar substancialmente o valor dos métodos complementares de monitorização (por exemplo, cães detetores e deteção de tocas).

6.5 Telemetria

Já foram aplicados métodos baseados em telemetria na maioria das espécies de pangolim, mas predominantemente em *M. pentadactyla* e *S. temminckii* (e.g., Pietersen *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2018; ver também Pagès, 1975; Willcox *et al.*, 2019). Foram conduzidas pesquisas preliminares usando telemetria em outras espécies, incluindo *M. javanica*, mas foram prejudicadas por taxas altas de perda dos transmissores. As escamas de *M. javanica* parecem muito finas e fracas para aguentar o peso de transmissores que já foram ligados a espécies semelhantes, embora o seguimento de *M. culionensis* tenha sido possível (por exemplo, Schoppe e Alvarado, 2015). Seja através do uso de protocolos existentes para espécies onde esses métodos foram bem-sucedidos ou com soluções tecnológicas na forma de transmissores menores, mais leves e com maior eficácia energética (por exemplo, com capacidade GPS), os métodos de telemetria são uma excelente ferramenta para recolher informações sobre o uso do espaço e taxas de sobrevivência de diferentes espécies. Em particular, há uma necessidade urgente em aplicar este método a espécies de pangolim para as quais o tamanho do território não é conhecido (ver Tabela 1), a fim de usar este parâmetro em muitos dos outros métodos discutidos neste guia.

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. javanica, M. crassicaudata, M. culionensis, P. tricuspis, P. tetradactyla, S. gigantea, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	O uso do espaço (área do território e seleção do habitat), e taxas de sobrevivência
Análises estatísticas	**Para o uso do espaço:** há uma infinidade de métodos para estimar a área vital, o uso do habitat, e seleção de recursos. Os estimadores apropriados dependerão das questões do estudo em si. **Para taxas de sobrevivência:** modelos de sobrevivência com destino conhecido (White e Burnham, 1999) e taxas de risco proporcionais de Cox (Cox, 1992; Lin e Wei 1989).

Desenho da amostragem	**Para uso do espaço:** relocalização repetida de indivíduos seguidos por telemetria. O tempo de relocalização e o número adequado de indivíduos dependerá da densidade populacional, as questões a estudar e a localização de animais individuais da espécie de estudo através do rastreamento dos animais para localizá-los em tocas, ou através de prospeções ou pontos de contagem . **Para taxas de sobrevivência:** os indivíduos seguidos por telemetria devem ser localizados regularmente para determinar o seu estado (vivos ou mortos). As marcas devem durar um período de tempo adequado, de modo que uma proporção da população que está em risco de mortalidade consiga ser monitorizada durante o decorrer do estudo.
Processo de amostragem	**Para uso espacial:** os estudos de telemetria serão mais úteis quando as relocalizações puderem ser correlacionadas com co-variáveis de habitat e uso do solo para explicar e testar hipóteses sobre o uso do espaço. **Para as taxas de sobrevivência:** a recolha de variáveis que supostamente influenciam a sobrevivência (proximidade a povoações, atividade diurna, pressão de caça) aumentará a utilidade das taxas de mortalidade estimadas, incluindo quando o dispositivo pára de transmitir ou cai.
Planeamento e gestão do esforço	**Para o uso do espaço:** a investigação existente indica que são necessários cerca de 85dias de rastreamento para determinar com precisão o território de *S. temminckii* (ver Heath e Coulson, 1997). São necessárias investigações comparáveis para outras espécies. **Para taxas de sobrevivência:** ainda não foi testado com pangolins. Serão necessários estudos piloto para determinar a quantidade de tempo e número de indivíduos a ser seguidos por telemetria para inferir sobre as taxas de sobrevivência.
Pressupostos fundamentais	Os pressupostos incluem: o equipamento foi calibrado adequadamente; cada equipamento usado tem capacidade e precisão iguais; os indivíduos marcados representam uma proporção adequada da população (não há enviesamento na captura de indivíduos para marcar e rastrear); os equipamentos de telemetria não alteram o comportamento nem afetam a sobrevivência dos pangolins.
Esquema de reamostragem	Dependerá da questão a ser investigada. Pode não ser necessário se esse método foi usado apenas para estimar a área do território de indivíduos selecionados num determinado local. A mesma metodologia pode ser

	usada em todos os locais para testar a variação no tamanho do território (por exemplo, por local, idade do animal, sexo).
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* o rastreamento de animais vivos apresenta a oportunidade de recolher outros dados biológicos e informações (por exemplo, demografia, reprodução e presas). *Desvantagens:* os equipamentos assim como os dados obtidos são temporários e limitados; sofrerão danos e soltar-se-ão; um número baixo de animais rastreados pode impedir análises estatísticas robustas; a telemetria baseada em VHF é exigente em recursos.
Custo	É caro, mas a aquisição em grandes quantidades permite economias de escala. Os custos em recursos incluem o tempo gasto a procurar ativamente animais marcados; devem ser considerados os custos veterinários e das necrópsias nos projetos que resultem em animais falecidos. O uso de placas de metal pode ajudar a evitar perdas e danos.
Notas	Muitos outros métodos dependem de pressupostos sobre o tamanho da área vital e o uso do habitat, ou podem incorporar diretamente os indivíduos seguidos por telemetria em modelos populacionais para melhorar a inferência sobre a dinâmica populacional (ver Sollmann *et al.*, 2013a).

6.6 Cães detetores

Até ao momento ainda não foram usados cães detetores para monitorizar populações de pangolins, mas foram usados com sucesso para detetar dejetos de *M. pentadactyla* enterrados no Nepal e *M. javanica* vivos no sul do Vietnam (presença). Também foram usados cães de caça locais para determinar a presença de *M. culionensis* nas Filipinas (Schoppe e Alvarado, 2015). Cães detetores podem ser usados para determinar a presença, estimar ocupação, e densidade e abundância, quando combinados com outros métodos tais como a amostragem genética não-invasiva (ver Secção 6.4). Os cães detetores podem ser o melhor método disponível para determinar a presença de espécies em locais que sofreram declínios populacionais acentuados (por exemplo, *M. pentadactyla* e *M. javanica* no sudeste da Ásia) e/ou onde as espécies ocorrem em densidades muito baixas, mas é um método caro e ainda exige um grande esforço de amostragem. Os cães detetores têm potencial de aplicação para todas as espécies de pangolim, com exceção de uma, através da deteção de animais vivos, tocas, cavidades (por exemplo, cavidades de árvores) e dejetos. A deteção de dejetos de *P. tetradactyla* provavelmente não é possível uma vez que esta espécie defeca sempre em cavidades de árvores.

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. javanica, M. crassicaudata, M. culionensis, P. tricuspis, P. tetradactyla, S. gigantea, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação, abundância, densidade
Análises estatísticas	**Para confirmar a presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos prévios possam ser usados para determinar um esforço mínimo no número de locais de amostragem, transectos e visitas, de forma a conseguir obter informações fiáveis sobre a presença de espécies numa área. A presença indicada ou confirmada pode ser usada como ponto de partida para desenvolver uma amostragem mais intensiva como parte de um protocolo de amostragem adaptativo para obter estimativas de ocupação, abundância ou densidade.

	Para estimar a ocupação: modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica. **Para estimar a densidade:** amostragem por distâncias para deteções de animais vivos a partir de um transecto ou parcela radial, combinada com a ocupação de tocas, ou por captura-marcação/recaptura espacial quando combinada quer com amostragem genética não-invasiva (gNIS) do solo nas tocas ou dejetos detetados, ou na marcação de indivíduos capturados.
Esquema de amostragem	**Para confirmar presença:** em consulta com treinadores de cães, determinar a estratégia de busca de animais e o esforço adequado, dependendo do terreno e da extensão da área de interesse. A deteção de pangolins vivos confirmaria a presença, enquanto que a deteção de sinais como tocas, cavidades ou dejetos exigiria amostragens adicionais, incluindo gNIS de amostras, exame de tocas ou cavidades, regressando ao local após a varredura da entrada de tocas ou a implantação de armadilhas fotográficas para confirmar a presença de um pangolim. **Para estimar a ocupação:** divida a área de estudo numa grelha de amostragem com o tamanho mínimo de cada quadrícula equivalente ao tamanho da área vital da espécie em estudo para definir os locais de prospeção localizada. Os locais podem consistir em transectos ou parcelas circulares com a largura ou raio equivalente à distância de deteção de um cão. O uso de transectos múltiplos ou parcelas circulares dentro de um local poderiam melhorar as taxas de deteção ou permitir réplicas espaciais para estimar a deteção com visitas únicas ao local (ver Hines *et al.*, 2010). Os locais devem ser estratificados através de variáveis de interesse que podem incluir co-variáveis como tipo de habitat, nível de exploração (por exemplo, perturbação humana, pressão de caça/caça furtiva) e localização de características importantes (ambientais e humanas). **Para estimar a densidade:** podem ser usados tanto transectos como parcelas circulares para amostragem por distâncias ou métodos CMR com cães detetores. Os locais devem ser estratificados por variáveis de interesse que podem incluir co-variáveis, como tipo de habitat, nível de exploração (por exemplo, perturbação humanas, pressão de caça/caça furtiva) e localização de características importantes (ambientais e humanos). Para a amostragem por distâncias, coloque múltiplos pontos radiais, transectos lineares ou áreas de forma aleatória ou sistemática com um espaçamento de, pelo menos, a distância equivalente à área vital da espécie (Buckland *et al.*, 2001). Para CMR, os locais de amostragem devem estar espaçados a uma distância aproximada à do diâmetro da área vital de um indivíduo. Além disso,

	um método CMR usando cães detetores foi recentemente formalizado numa estrutura de amostragem adaptativa definida especificamente para taxas e espécies de distribuição irregular o que pode melhorar substancialmente a estimativa de parâmetros em populações de baixa densidade (ver Wong *et al.*, 2018).
Protocolo de amostragem	**Para confirmar a presença:** Um técnico por cão; o técnico deve permitir que o cão conduza a amostragem da parcela seguindo métodos estabelecidos (Wasser *et al.*, 2004; 2012). O cão pode encontrar um pangolim vivo, uma toca ou outro(s) sinal(ais). Dependendo do que encontrar, a ocupação pode ser confirmada (por exemplo, animal vivo; dejetos frescos) ou pode ser necessário usar um método adicional como os descritos anteriormente (por exemplo, armadilha fotográfica fora da toca para confirmar a presença de pangolins). Isso exigirá um regresso à toca. Sempre que possível, devem ser recolhidos dados morfométricos (por exemplo, tamanho, peso, número de linhas de escala, etc.) quando um animal vivo for capturado. **Para estimar a ocupação:** Buscas com cães devem ser repetidas ao longo do tempo, ou replicadas em segmentos de transectos ou parcelas circulares múltiplas num local para estimar a deteção durante uma única prospeção (ver Hines et al 2010). As deteções para estimar a ocupação podem incluir pangolins vivos ou sinais ativos confirmados como descrito acima (ocupação de tocas ou confirmação de espécies usando metagenómica ou mtDNA). Co-variáveis que possam influenciar a deteção de animais ou indícios devem ser registradas para inclusão nos modelos. A amostragem adaptativa bifásica para ocupação pode ser uma abordagem eficiente com amostragens mais intensivas desencadeada pela deteção inicial de um pangolim ou indícios da sua presença, permitindo concentrar esforços em áreas com maiores probabilidades de deteção (Conroy *et al.*, 2008). **Para estimar a densidade**: Para amostragem por distâncias, o cão e o técnico percorrem cada transecto e identificam observações diretas ou indícios de presença de pangolins, registando a distância de cada ao transecto ou ao ponto de partida de referência (use um telêmetro a laser ou fitas métricas para estimar a distância, se necessário). Ao encontrar tocas, registre a deteção ou a não deteção de pangolins usando o endoscópio/boroscópio, colocando uma armadilha fotográfica ou varrendo a entrada da toca e deixando-a durante a noite. Ao encontrar um dejeto, a recolha de uma amostra pode permitir a confirmação de espécies e a identificação do indivíduo. Note, a contagem apenas de sinais viola a pressuposto de que os indivíduos não se movem durante a amostragem (ou seja, um indivíduo pode depositar múltiplos dejetos ou usar múltiplas tocas) e a inferência da densidade só é válida quando os indivíduos são detetados, quando o sinal é identificado ao nível do indivíduo ou quando as deteções de tocas são combinadas com uma

	estimativa de ocupação de toca (Strober *et al.* 2017). Para o CMR, o cão e o técnico buscam novamente ao longo dos transectos ou a partir de um ponto de referência e devem manter uma referência da direção tomada para considerar o esforço no espaço. A localização de pangolins encontrados vivos ou os seus sinais devem ser registados. Os pangolins individuais que forem capturados podem ser marcados se houver a possibilidade de replicar a amostragem ao longo do tempo. Alternativamente, os locais podem ser pesquisados uma vez seguindo um único protocolo de investigação em CMR (Morin *et al.*, 2016; Morin *et al.*, 2018). Ao encontrar um dejeto, a recolha de uma amostra é necessária para a identificação do indivíduo. No contexto de CMR, várias deteções do mesmo indivíduo através do dejeto melhoram a estimativa de parâmetros. Dados de co-variáveis ambientais que possam influenciar a deteção e a amplificação do DNA, quando apropriado, devem ser registrados. Se usar uma abordagem de amostragem adaptativa, podem ser inicialmente usados transectos espaçados com uma resolução menor, com uma amostragem mais intensiva a ser desencadeada pela deteção de um pangolim ou o seu indício, permitindo concentrar esforços em áreas com maiores oportunidades de deteção (ver Wong *et al.* 2018).
Planeamento e gestão do esforço	Embora a densidade populacional seja o parâmetros de interesse ideal para fornecer informações sobre o estado da população e para tomar decisões de gestão e conservação, quando a densidade populacional é muito baixa, pode ser preferível estratificar o esforço em áreas maiores e recolher dados menos intensivos para estimar a ocupação do local ou utilizar uma abordagem de amostragem adaptativa para estimar a ocupação (Conroy *et al.*, 2008) ou CMR (Wong *et al.*, 2018). Um estudo piloto em pequena escala poderia ajudar a determinar qual será a abordagem mais informativa dada as restrições financeiras e logísticas. As simulações e análises de poder estatístico são altamente encorajadas a fim de aproveitar ao máximo os recursos, considerando os limites das equipas de manipuladores de cães disponíveis e as despesas associadas.
Pressupostos fundamentais	Os pressupostos fundamentais incluem: os cães e os seus manipuladores foram treinados adequadamente e os cães são consistentemente capazes de detetar pangolins e/ou os seus indícios.
Esquema de reamostragem	Os levantamentos podem ser repetidos anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo para estimar alterações na ocupação e devem ter em conta o contexto local, necessidades de monitorização e recursos disponíveis. Repetir os levantamentos nos mesmos locais seria o ideal.

Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* Sendo um método de monitorização ativo, o uso de cães detetores deverá aumentar a eficácia da confirmação da presença de espécies e estimar os parâmetros da população, mesmo onde as populações foram drasticamente reduzidas pela sobre-exploração; os cães podem operar em habitats complexos. *Desvantagens:* muito caro; é exigido um alto nível de habilidade aos manipuladores de cães; há apenas um número limitado de fornecedores de cães treinados; e é necessário considerar a logística e os cuidados veterinários nos planos de investigação; os cães são atualmente proibidos em muitas áreas protegidas; há restrições sobre quem pode trabalhar com cães em alguns países (por exemplo, Indonésia, Malásia).
Custo	É um método caro.
Notas	O uso de cães detetores para localizar pangolins vivos fornece oportunidades adicionais para pesquisa, incluindo marcação de indivíduos e uso de bio-loggers e outras formas de rastreamento. Devem ser recolhidas amostras genéticas para fornecer amostras de referência para bibliotecas metagenómicas e, potencialmente, fornecer uma ligação a estudos sobre o tráfico ilegal das espécies. Existem atualmente poucas opções para cães treinados, pelo que conseguir e agendar cães pode ser difícil. Além disso, o seu transporte para os estados de distribuição de pangolins e as condições de trabalho neles presentes apresentam riscos para cães detetores treinados que devem ser considerados. Cães de caça locais às vezes têm sido usados como substitutos de cães treinados profissionalmente e são conhecidos por ferir pangolins vivos quando os encontram colocando questões éticas sobre o uso de cães de caça. O bem-estar dos pangolins deve ser considerado ao determinar quais os métodos mais apropriados para usar.

6.7 Armadilhas fotográficas colocadas em árvores

A colocação de armadilhas fotográficas em árvores ainda não foi testada para detetar ou monitorizar *P. tetradactyla* ou as espécies semi-arborícolas de pangolim, mas tem potencial de aplicação (embora nenhum *M. javanica* tenha sido detetado até agora em 1.000 armadilhas fotográficas num estudo de mamíferos no Bornéu (J. Haysom, *com. pess.*)). Tal como armadilhas fotográficas terrestres, estas podem ser usadas para confirmar a presença de espécies e estimar a ocupação (Bowler *et al.*, 2017). Teoricamente, com taxas de deteção suficientes, também deve ser possível estimar a densidade de espécies, mas isso dependeria dos pressupostos discutidos na Secção 6.2. Para os propósitos deste guia, a armadilhagem fotográfica arbórea também abrange outros sensores óticos e térmicos que possam permitir a deteção de *P. tetradactyla* e/ou pangolins semi-arborícolas.

Aplicável às espécies: *P. tetradactyla, P. tricuspis, M. javanica, M. culionensis*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação
Análises estatísticas	**Para confirmar a presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos piloto focados em indivíduos conhecidos ou em cenários *ex-situ* possam ser usados para determinar um esforço mínimo em termos de número de armadilhas e duração da instalação no terreno de forma a conseguir obter informações confiáveis sobre a presença de espécies numa área. Os estudos piloto devem ser planeados cuidadosamente e devem considerar variáveis importantes, como coberto florestal. A presença indicada ou confirmada pode ser usada como ponto de partida para desencadear uma amostragem mais intensiva como parte de um protocolo de amostragem adaptativo para obter estimativas de ocupação, abundância ou densidade. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação.
Esquema de amostragem	**Para confirmar a presença:** as armadilhas fotográficas devem ser colocadas em áreas com alta probabilidade de deteção e orientadas de forma a maximizar a deteção. Estudos-piloto ou testes *ex-situ* poderiam

	ajudar a determinar a localização e direção ideal da armadilha. O uso de várias armadilhas numa dada área aumentará a probabilidade de deteção e diminuirá o tempo de instalação necessário antes de que uma espécie seja confirmada quando presente. **Para estimar a ocupação:** Assim como no caso de armadilhagem fotográfica terrestre, use uma gama de armadilhas fotográficas em toda a área de estudo, usando o tamanho da parcela (unidade de amostragem) com base no tamanho da área vital da espécie com pelo menos uma armadilha localizada no centro de cada quadrícula da grelha de amostragem. As armadilhas devem ser posicionadas de forma a maximizar a deteção (veja armadilhagem fotográfica para confirmar a presença) e de forma a assegurar uma representação igual em toda a área de estudo. As armadilhas precisam de ser espaçadas tendo em conta a área vital de um animal, conforme descrito acima. Caso contrário, o uso do local, em vez da ocupação, será investigado. Se investigar fatores que influenciam a ocupação (por exemplo, de uso do solo ou pressão de caça/caça furtiva), a colocação da armadilha deve ser estratificada em todos os tipos de tratamento ou em gradientes para assegurar representação igual. Além disso, no caso da armadilhagem fotográfica arbórea, as espécies de árvores usadas na colocação devem ser documentadas para identificar preferências e informar futuros projetos de estudo.
Protocolo de amostragem	**Para confirmar a presença:** a deteção de um indivíduo da espécie alvo é suficiente para confirmar a presença. Informações adicionais sobre as áreas onde as espécies de pangolim são confirmadas ou não detetadas, incluindo co-variáveis locais (por exemplo, espécies de árvores, habitat, vegetação, perceção local de caça ou de caça ilegal, etc.) ou co-variáveis de prospeção (duração da instalação no terreno das câmaras, meteorologia e condições climáticas, detalhes específicos da configuração do conjunto de câmaras, incluindo localização e orientação na árvore), podem ajudar a identificar as características associadas à presença de pangolins e orientar os protocolos de amostragem mais intensivos. As armadilhas fotográficas devem ser colocadas em árvores que se saiba os pangolins preferirem (onde existe informação disponível). É importante ressaltar que o campo de visão deve ser maximizado ao colocar as armadilhas fotográficas; isso é geralmente considerado quando se usam armadilhas fotográficas não-arbóreas, mas requer considerações adicionais quando aplicadas a armadilhas fotográficas colocadas em árvores. Isto poderia ser conseguido colocando armadilhas para visualizar as árvores vizinhas, para focar em troncos de árvores ao invés de galhos, e/ou colocando mais de uma armadilha na perímetro do tronco da árvore. Deverá também ter o cuidado de reduzir o encadeamento térmico ou outras fontes de disparos falsos (por exemplo, a partir da vegetação). Dados de co-variáveis ambientais também devem ser recolhidos, incluindo dados como habitat, vegetação, meteorologia, pressão de caça furtiva e/ou outras ameaças.

	Para estimar a ocupação: a deteção de uma espécie ao longo do tempo de instalação da(s) armadilha(s) é utilizada para compor uma história de captura para cada local. A duração de amostragens repetidas (por exemplo, dias, semanas, meses) no decorrer de uma temporada completa (duração da instalação da câmara) irá variar dependendo da duração da amostragem e da escala de inferência, mas deve ter em conta os pressupostos de limites geográficos e temporais (quando uma espécie é detetada num site, o modelo assume que a espécie estava sempre presente nesse site e disponível para ser detetada em todos os levantamentos). Se a deteção em diferentes locais puder diferir, devem ser registadas as co-variáveis ou fatores correlacionados ou diretamente relacionados com essas diferenças (por exemplo, altitude, temperatura, estação do ano, precipitação) para contemplas a possível heterogeneidade na deteção. As taxas de deteção serão baixas em populações de baixa densidade e ainda não se sabe quão eficazes serão as armadilhas fotográficas colocadas em árvores na deteção de pangolins. No entanto, várias armadilhas numa única quadrícula da grelha de amostragem podem ajudar a melhorar as taxas de deteção.
Planeamento e gestão do esforço	Idealmente, isso será obtido por simulações ou análises de poder estatístico, mas estudos piloto serão necessários para determinar as taxas de deteção, pois este método nunca foi implementado antes. Outras considerações incluem o tempo necessário para instalar, verificar e/ou remover as armadilhas fotográficas em cada árvore, algo que poderá demorar meio dia ou mais por árvore com base em outros métodos de monitorização que exigem subir árvores em ambientes tropicais (ver Whitworth *et al.*, 2016).
Pressupostos fundamentais	É necessária a validação do conceito para determinar se pangolins arbóreos e semi-arborícolas são detetados com armadilhas fotográficas colocadas em árvores, incluindo câmaras colocadas em árvores *versus* ao nível do solo.
Esquema de reamostragem	As prospeções podem ser repetidas anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo para avaliar alterações de ocupação ao longo do tempo e devem ser apoiadas no contexto local, necessidades de monitorização e recursos disponíveis. Idealmente, as armadilhas fotográficas seriam colocadas nos mesmos locais fixos. Sujeito ao delineamento do estudo, a reamostragem pode implicar a replicação de amostragem entre locais.

Vantagens e desvantagens	*Vantagens*: o conhecimento sobre o tipo de presas e árvores usados/preferidos pode ser usado para decidir onde colocar as armadilhas. *Desvantagens:* métodos não provados requerem provas de conceito e investimento inicial em estudos piloto, de forma a gerar dados úteis ao delineamento de estudos futuros. O campo de visão pode ser muito limitado se as armadilhas fotográficas não forem colocadas de modo a maximizá-lo e o posicionamento ideal for desconhecido; potencialmente haverão muitos disparos falsos causados pela vegetação ou mau tempo; a instalação envolve subir a árvores o que poderá ser difícil (por exemplo, tempo, esforço, segurança); o uso de árvores por pangolins (por exemplo, altura) é pouco conhecido; é necessária informação adicional sobre a ecologia de espécies, em particular *P. tetradactyla*, para obter informação sobre a aplicação deste método.
Custo	Envolve custos iniciais elevados com equipamentos, mas que podem ser reduzidos pela partilha destes. A colocação de armadilhas fotográficas em árvores exigirá tempo adicional; potencialmente meio dia por árvore, a fim de configurar câmaras, dependendo da quantidade que vai ser instalada, com base noutros estudos de espécies arborícolas. Outros custos associados a este método incluem equipamentos (por exemplo, equipamento de escalada) e treino em arborismo e acesso por corda.
Notas	O conhecimento local será crítico para identificar árvores para a colocação de armadilhas fotográficas. Tecnologia emergente, como os drones, poderia ser usada para informar a localização das armadilhas fotográficas - *P. tetradactyla* supostamente aquece-se ao sol no topo das árvores; R. Cassidy, *pers. comm.*). Sistemas de roldanas rígidas poderiam ser usados para manter as armadilhas no lugar, em vez de prendê-las aos galhos ou ao tronco da árvore, mas exigiriam testes.

6.8 Pontos de contagem

As contagens a partir de pontos são feitas a partir de um local fixo por um período fixo de tempo (Sutherland, 2006). Até hoje este método não foi aplicado propositadamente a pangolins, mas potencialmente têm aplicação na deteção da presença de *P. tetradactyla*, que é particularmente esquivo e aparentemente altamente sensível a potenciais ameaças. No entanto, esta espécie é diurna e posicionar um investigador em pontos fixos em habitat adequado dos locais de estudo onde se sabe que a espécie existe, pode ter potencial para confirmar a presença e ocupação da espécie, seja através de uma observação visual ou de uma pista auditiva, como ouvir um indivíduo invadir um montículo de térmitas. Este método não foi testado e requer estudos-piloto iniciais para validação do conceito e novos desenvolvimentos das aplicações.

Aplicável às espécies: *P. tetradactyla*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação
Análises estatísticas	**Para confirmação de presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos-piloto focados em indivíduos conhecidos ou em instalações *ex situ* possam ser usados para determinar um esforço mínimo em termos de número de pontos e duração das prospeções para obter informações fiáveis sobre a presença de espécies numa área. A presença indicada ou confirmada pode ser usada como ponto de partida para desenvolver uma amostragem mais intensiva como parte de um protocolo de amostragem adaptativo para obter estimativas de ocupação, abundância ou densidade. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica.
Esquema de amostragem	Dependente da validação do conceito (e estimativas conservadoras do tamanho área vital da espécie para ocupação), que não estão atualmente disponíveis.
Protocolo de amostragem	O(s) técnicos(s) posicionam-se em estações de fixas de contagem por um determinado período de tempo. A hora do dia na qual o levantamento é feito e a duração deste devem ser baseadas no conhecimento local, ou

	seja, com membros da comunidade local e/ou povos indígenas familiarizados com *P. tetradactyla*, se possível.
Planeamento e gestão do esforço	Idealmente, isto será apoiado em simulações e análises de poder estatístico, mas serão necessários estudos piloto para a validação do conceito e para obter as taxas de deteção, pois este método nunca foi implementado antes.
Pressupostos fundamentais	Os pressupostos incluem que a espécie não deteta a presença do técnico ou evita a área a ser pesquisada, resultando em falsas ausências.
Esquema de reamostragem	Sujeito a uma aplicação inicial bem-sucedida, a repetição das prospeções para estimar alterações na ocupação pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo, e deve ter em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, quando repetidos num mesmo local, os levantamentos deveriam ser feitos pelos mesmos técnicos.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* a sensibilidade da espécie a ameaças potenciais significa que os técnicos parados num local de avistamento fixo localizado no habitat adequado podem permitir a deteção; a deteção pode ser auditiva e/ou visual. *Desvantagens:* este é um método que ainda não foi testado e que requer validação do conceito e investimento inicial em estudos-piloto para gerar dados úteis para obter informação para delineamentos experimentais futuros. A cobertura espacial da recolha de dados é muito limitada; é um método muito intensivo em termos de tempo; embora *P. tetradactyla* seja uma espécie diurna, poderá ser difícil detetar os indivíduos.
Custo	Custo relativamente baixo
Notas	Será fundamental trabalhar com pessoas locais ou povos indígenas para identificar possíveis locais de pesquisa e para adquirir conhecimento local sobre o que procurar e ouvir durante a pesquisa. As informações disponíveis sugerem que esta espécie está restrita a florestas ribeirinhas ou alagadas, mas isso pode não ser o caso e deve ser explicitamente considerado no delineamento do estudo. Este método tem potencial para apoiar a implementação de outros métodos, por exemplo, indivíduos observados podem ser capturados para uso em pesquisas de radiotelemetria.

6.9 Caixas-ninho artificiais

Caixas de ninho artificiais, embora utilizadas para pangolins em cativeiro dentro de tocas artificiais, não foram testadas para detetar e/ou monitorizar pangolins na natureza. Propõe-se que possam aplicáveis a *P. tetradactyla* e as espécies de pangolins semi-arborícolas. O uso deste método implicaria a colocação de um número de caixas-ninho artificiais distribuídas pelo local de estudo, que seriam verificadas periodicamente para determinar a presença e ocupação. Se os indivíduos forem marcados na descoberta inicial, a densidade pode ser estimada usando o CMR. No entanto, como este método ainda não foi testado, o seu uso exige primeiro uma validação do conceito, incluindo verificar se os pangolins os usariam e determinar as taxas de deteção de referência. Se considerar usar este método, deve pensar se a sua aplicação pode resultar em consequências adversas para as espécies-alvo. Por exemplo, se o uso de caixas de ninho artificiais tornaria mais fácil para os caçadores furtivos capturar pangolins. Se é provável que seja o caso, este método não deve ser usado.

Aplicável às espécies: *P. tetradactyla, P. tricuspis, M. javanica, M. culionensis*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação, abundância, densidade
Análises estatísticas	**Para confirmar a presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos-piloto focados em indivíduos conhecidos ou em cenários *ex-situ* possam ser usados para determinar um esforço mínimo em termos de tempo de instalação para obter informações fiáveis sobre a presença de espécies numa área. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica. **Para estimar a densidade:** CMR
Esquema de amostragem	As caixas-ninho devem ser instaladas em árvores. Podem ser colocadas aleatoriamente em unidades de amostragem (usando um delineamento estratificado aleatório) ou de forma direcionada em pontos de referência do terreno (por exemplo, adjacentes aos formigueiros arbóreos). Veja Ford

	et al. (2015) para um exemplo com esquilos voadores do sul, uma espécie em vias de extinção nos E.U.A. Dependente da validação do conceito e estimativas conservadoras do tamanho área vital da espécie para ocupação e CMR, que atualmente não estão disponíveis.
Protocolo de amostragem	Uma vez instaladas, as caixas-ninho seriam verificadas periodicamente para determinar o uso e, se possível, capturar e marcar os pangolins. O esforço e a duração da amostragem seriam dependentes das taxas de deteção e parâmetros de interesse.
Planeamento e gestão do esforço	Idealmente, isto será apoiado por simulações e análises de poder estatístico, mas serão necessários estudos piloto para a validação do conceito e para obter informações sobre as taxas de deteção, pois este método nunca foi implementado antes. Outras considerações a ter incluem o tempo necessário para instalar, verificar e/ou remover as caixas em cada árvore, o que poderia incluir meio dia por árvore (ver Whitworth *et al.*, 2016).
Pressupostos fundamentais	Que os pangolins usarão caixas-ninho artificiais; que espécies de árvores apropriadas e a localização ideal das caixas nas árvores podem ser identificadas para uma instalação bem-sucedida.
Esquema de reamostragem	A repetição das amostragens para estimar alterações na ocupação pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo, e deve ter em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, os ninhos artificiais deveriam ser colocados nos mesmos locais ao repetir as amostragens.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* existe potencial para integrar aplicações tecnológicas adicionais para melhorar os dados recolhidos sobre a história de vida de pangolins (por exemplo, câmaras para caixas-ninho, bio-loggers). *Desvantagens:* método ainda por ser testado que requer a validação do conceito e investimento inicial em estudos-piloto para gerar dados úteis para informar futuros delineamentos experimentais. A termorregulação é importante para os pangolins, portanto, os materiais corretos precisarão de ser identificados.
Custo	O custo será determinado, entre outras coisas, pelos materiais usados. A colocação das caixas requererá tempo adicional, potencialmente meio dia ou mais por árvore. Outros custos associados a este método incluem

	equipamentos (por exemplo, equipamento de escalada) e treino recomendado em arborismo e acesso por corda (ver Whitworth *et al.*, 2016).
Notas	O conhecimento local será crítico para identificar árvores para a colocação de caixas-ninho artificiais. Os pangolins evidentemente usam uma variedade de estruturas e micro-habitats como toca, e nem todos são espaços fechados; Não se sabe ao certo como uma espécie é dependente de tocas semelhantes em estrutura a caixas-ninho e que influência isso terá no número de indivíduos perdidos/não detetados.

6.10 Prospeção exaustiva de parcelas

Os levantamentos em parcelas envolvem a busca exaustiva de espécies-alvo numa área fixa. As parcelas podem ser quadrados, faixas retangulares ou outras formas (Milner-Gulland e Rowcliffe, 2003). Este método foi bem sucedido na deteção de *M. culionensis* (ver Schoppe e Alvarado, 2015) e pode ter aplicação em outras espécies, incluindo *M. crassicaudata, S. Temminckii*.

Aplicável às espécies: *M. crassicaudata, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, abundância relativa
Análises estatísticas	**Para indicar presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos prévios possam ser usados para determinar um esforço mínimo na busca para detetar espécies em diferentes tipos e condições de habitat. **Por índice relativo de abundância:** Regressão; inferência estatística.
Esquema de amostragem	**Para indicar a presença:** as parcelas de amostragem precisam de ser de tamanho adequado para permitir a deteção de pangolins (será em relação à densidade), mas pequenos o suficiente para que os técnicos possam prospetar exaustivamente cada parcela sem perder deteções (serão específicos ao habitat e ao terreno). **Para abundância relativa:** as parcelas de amostragem precisam de ser de tamanho adequado para permitir a deteção de pangolins (será em relação à densidade), mas pequenos o suficiente para que os técnicos possam prospetar exaustivamente cada parcela sem perder deteções (serão específicos ao habitat e ao terreno). Diferenças nas variáveis de interesse (habitat, vegetação, pressão de caça, etc.) devem ser registadas.
Protocolo de amostragem	**Para confirmação da presença:** deteções de animais vivos, exame de tocas encontradas para verificar ocupação. A identificação genética de espécies pode ser necessária para confirmar pelo menos um indivíduo presente (ver gNIS, Secção 6.6). **Para o índice relativo de abundância:** o protocolo de amostragem dependerá das questões de investigação específicas e da natureza das variáveis testadas. Como os índices de abundância relativa são altamente suscetíveis ao enviesamento resultante das diferenças na deteção não

	contabilizadas, deve ser dada atenção especial a quaisquer fatores que possam influenciar a deteção e todo esforço deve ser feito para ter isso em conta no delineamento do estudo e nas análises e inferências estatísticas subsequentes.
Planeamento e gestão do esforço	A análise de poder estatístico permitirá avaliar o esforço de amostragem necessário para inferir com base na regressão ou outras estatísticas de frequência. Também devem ser utilizadas simulações para compreender completamente a robustez do método a violações dos pressupostos descritos abaixo (especialmente a suposição de deteção perfeita, que é habitualmente problemática).
Pressupostos	Os pressupostos fundamentais incluem: que todos os indivíduos dentro da parcela são encontrados; a população é estática durante a duração da amostragem; e, as parcelas pesquisadas são representativas da população. A violação da suposição de deteção invalida qualquer inferência derivada de métricas de abundância relativa (ver Sollmann *et al.*, 2013 b).
Esquema de reamostragem	A repetição das amostragens para estimar alterações na ocupação pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo, e deve tomar em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, as prospeções deveriam ser feitos nos mesmos locais.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* permite a captura e marcação de indivíduos e recolha de outros materiais (por exemplo, dejetos). *Desvantagens:* é necessário um esforço de amostragem alto; é preciso cobrir grandes áreas para espécies que ocorrem em baixas densidades.
Custo	Custo relativamente baixo
Notas	Pode ser necessário o uso de um veículo. Podem ser usados métodos complementares para definir a localização das parcelas (por exemplo, métodos de investigação social).

6.11 Prospeção/reconhecimento

As prospeções abrangem percorrer percursos pré-definidos (por exemplo, estradas, trilhos florestais) e procurar visualmente as espécies-alvo e/ou os seus sinais. Este método tem sido aplicado para confirmar a presença de *M. crassicaudata* e sinais de campo, incluindo tocas em locais de pesquisa em Khyber Pakhtunkhwa, Paquistão (Mahmood *et al.*, 2018) e para *S. gigantea* no Gabão e Uganda (S. Nixon e N. Matthews, dados não publicados). As prospeções têm aplicação potencial para confirmar a presença das espécies *M. crassicaudata* e *S. temminckii, uma* vez que estas ocorrem em habitats mais abertos, onde há mais probabilidades de deteção.

Aplicável às espécies: *M. crassicaudata, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença
Análises estatísticas	**Para indicar presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos prévios possam ser usados para determinar um esforço mínimo de busca para detetar espécies em diferentes tipos e condições de habitat.
Esquema de amostragem	Nenhum
Processo de amostragem	As equipas de investigação seguem rotas predeterminadas a pé ou de veículo para procurar sinais de presença (por exemplo, tocas, rastros, alimentação) e as espécies-alvo. As rotas realizadas devem ser registradas usando GPS para justificar a cobertura e esforço.
Planeamento e gestão do esforço	Dependente das espécies e da área do local.
Pressupostos	Os pressupostos incluem: que os pangolins não se movem em resposta à deteção precoce de veículos; não evitam usar tocas perto de estradas; são detetáveis a partir de estradas, trilhos na floresta ou outras rotas usadas no levantamento; que será possível detetar as espécies de estudo ou os seus sinais, especialmente se a prospeção for feita num veículo em movimento.

Esquema de reamostragem	Deve ser apoiado no contexto local, monitorizando as necessidades e recursos disponíveis. Podem ser incorporados em protocolos de monitorização existentes, como monitorização regular feita pelos guardas florestais, ou usada nas deslocações entre os locais de estudo.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* podem ser utilizados dados de satélite para identificar áreas potenciais de habitat; pode também servir para registrar a presença de espécies não-alvo; este método é dimensionável; as deteções iniciais poderão identificar áreas para uma amostragem mais intensiva, ou desencadear limiares de amostragem adaptativa que iriam então permitir a utilização mais bem sucedida de métodos para estimação de parâmetros da população; pode identificar pressões de caça (por exemplo, densidades de armadilhas). *Desvantagens:* os pangolins podem evitar estradas, o que diminui a deteção; áreas com baixa acessibilidade não podem ser prospetadas.
Custo	As prospeções podem ser baratas, dependendo da escala.
Notas	Este é um método útil para a realização de um "reconhecimento" após o qual outro método seria implementado, dependendo de questões de investigação específicas. O conhecimento dos indícios de presença de pangolins é um pré-requisito.

6.12 Monitorização acústica

A monitorização acústica implica a instalação de um conjunto de dispositivos de monitorização acústica nos locais a ser estudados, a fim de detetar sons específicos feitos por espécies-alvo. Embora os pangolins não vocalizem, produzem um ruído significativo ao destruir formigueiros e montículos de térmitas e ao alimentar-se, pelo que a monitorização acústica poderia ser usada para a deteção desses sons. No entanto, embora teoricamente aplicável, ainda não foi tentado em pangolins e requer a validação do conceito primeiro. Isso exigirá a obtenção de assinaturas acústicas de pangolins numa variedade de comportamentos (por exemplo, a destruição de formigueiros e montículos de térmitas, a alimentação e outros comportamentos), bem como de outras espécies que também se alimentem de formigas e térmitas, ou que sejam ecologicamente semelhantes aos pangolins, a fim de determinar as assinaturas acústicas feitas por pangolins e distingui-las das assinaturas de outras espécies. Supondo que isso seja possível, esta abordagem estimará uma densidade de sons de pangolins e fará com que a frequência dos sons gerados seja a mesma em diferentes habitats. Para usar este método para estimar a densidades de pangolim, será crítico ter estimativas de quantas vezes os pangolins fazem esses sons, o que ainda requer investigação.

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. crassicaudata, M. javanica, M. culionensis, S. gigantea, S. temminckii, P. tricuspis, P. tetradactyla*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação
Análises estatísticas	**Para confirmação de presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos piloto concentrados em indivíduos conhecidos ou em cenários *ex-situ* possam ser usados para determinar um esforço mínimo em relação ao número de detetores, duração da instalação e posicionamento e orientação para obter informações fiáveis sobre a presença de espécies numa área. **Para estimar a ocupação:** modelos de ocupação uma espécie, uma estação, ou modelos de ocupação dinâmica.

Esquema de amostragem	Este é um método não testado e serão necessários estudos piloto para determinar o raio de deteção para uma identificação precisa, o posicionamento e orientação apropriados dos detetores acústicos. Em última análise, os planos de amostragem seriam compostos por um conjunto de detetores com espaçamento determinado pelo conhecimento da espécie e pela atenuação do som em diferentes contextos ambientais e de habitat. A amostragem estratificada aleatória poderia ser usada para investigar questões específicas como, por exemplo, a ocupação em diferentes tipos de habitat de áreas com e sem patrulhamento de guardas florestais.
Protocolo de amostragem	Para a instalação de conjuntos acústicos para estimativa de parâmetros, o espaçamento entre os locais deverá ter em conta a atenuação do som (garantindo que as unidades de amostragem sejam independentes), mas incluir replicados suficientes para permitir a triangulação entre as estações de amostragem. O esforço de amostragem por unidade de área, incluindo o número de detetores e a duração da sua instalação, dependeria das taxas de deteção e dos parâmetros de interesse. Atualmente, isso não é conhecido para pangolins e requer de testes e avaliação no campo. Dados ambientais co-variáveis que poderiam alterar a deteção e a triangulação, tais como o habitat, a vegetação, e o clima devem ser recolhidos.
Planeamento e gestão do esforço	Idealmente, isto será apoiado em simulações ou análises de poder estatístico, mas serão necessários estudos piloto para a validação do conceito e para conhecer as taxas de deteção, pois esse método nunca foi implementado antes. Outras considerações incluem tempo para instalar, verificar e/ou remover redes de detetores e o tempo necessário para analisar arquivos de áudio e extrair dados.
Pressupostos fundamentais	Os pressupostos incluem: a capacidade de identificar assinaturas acústicas únicas para pangolins (por exemplo, destruição de ninhos, o arranhar, e a alimentação) e de identificar de forma precisa a localização dos sons identificados.
Esquema de reamostragem	A repetição das amostragens para estimar alterações na ocupação pode ser feita anualmente, bienalmente ou noutros intervalos de tempo conforme for adequado ao longo do tempo, e deve ter em conta o contexto local, as necessidades de monitorização e os recursos disponíveis. Idealmente, os detetores deveriam ser colocados nos mesmos locais na repetição das amostragens.

Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* a tecnologia é acessível (por exemplo, AudioMoth); os detetores são relativamente fáceis de montar no campo; os dispositivos devem detetar outras espécies, a presença de pessoas e atividades de caça/caça furtiva; também podem ser usados para vigilância e combate à caça; também poderiam fornecer informações espaciais via triangulação com outros dispositivos; poderiam ser usados para determinar padrões de movimento temporal. Poderiam ser combinados com a armadilhagem fotográfica para modelação da ocupação. *Desvantagens:* como ainda não foi testado (para pangolins ou em muitos países da sua área de distribuição), exige provas de conceito de que as assinaturas acústicas podem ser identificadas e trianguladas. Outros métodos de deteção acústica encontraram taxas de erro variáveis na identificação precisa de sons e na atribuição destes a espécies.
Custo	Os dispositivos de monitorização acústica (por exemplo, AudioMoth) atualmente são vendidos por cerca de US$50 por sensor e estão disponíveis via GroupGets. O maior investimento de recursos será muito provavelmente a instalação das grelhas de monitorização e o tempo necessário para a análise de arquivos de áudio e extração de dados.
Notas	Há potencial para monitorizar outras espécies e ameaças ao mesmo tempo.

6.13 DNA derivado de invertebrados (iDNA)

O DNA derivado de invertebrados (iDNA) é a identificação de DNA de vertebrados que foram ingeridos por invertebrados, incluindo sanguessugas, mosquitos ou outros invertebrados (Calvignac-Spencer *et al.*, 2013; Schnell *et al.*, 2018). Neste contexto, o ADN vertebrado extraído é amplificado usando PCR e comparado com *primers* metagenómicos desenvolvidos para espécies-alvo, a fim de determinar se o ADN dessa espécie tinha sido ingerido, indicando que a espécie-alvo esteve presente num local visitado pelo invertebrado amostrado. A deteção pode ser afetada por fatores incluindo as probabilidades de o invertebrado selecionado se ter alimentado da espécie-alvo, as espécies de invertebrados selecionadas sejam recolhidas durante a amostragem, que o DNA da espécie-alvo possa ser extraído, amplificado e corretamente identificado (Schnell *et al.* 2018). Em teoria, o iDNA poderia ter aplicação para uma espécie de pangolim, usando, por exemplo, carraças e/ou moscas Tsé-tsé, para estimar a ocupação (ver Abrams *et al.*, 2018), mas este método não foi testado.

Aplicável às espécies: *M. pentadactyla, M. javanica, M. crassicaudata, M. culionensis, P. tricuspis, P. tetradactyla, S. gigantea, S. temminckii*

Parâmetros de interesse	Presença, ocupação
Análises estatísticas:	**Para confirmação de presença:** não são necessárias quaisquer análises, embora estudos piloto focados em indivíduos conhecidos ou em cenários *ex-situ* possam ser usados para determinar um esforço mínimo na captura de invertebrados e taxas de amplificação para obter informações fiáveis sobre a presença das espécies numa área. **Para estimar a ocupação:** seria necessário desenvolver e testar modelos de ocupação hierárquica par ater em conta os estados latentes dos invertebrados e a presença da espécie-alvo de pangolim.
Esquema de amostragem	Este é um método não testado e serão necessários estudos piloto. Em última análise, os esquemas de amostragem seriam compostos por um conjunto de pontos de amostragem com espaçamento determinado pela informação da espécie e distâncias de movimento dos invertebrados em diferentes contextos temporais e ambientais. Dentro das quadrículas

	disponíveis, poderia ser usado um esquema estratificado aleatório aninhado com base na questão específica de investigação colocada (por exemplo, o efeito da patrulha de guarda na ocupação). Dentro das quadrículas selecionadas, deve haver estações de amostragem suficientes, dependendo da ecologia do vetor alvo.
Protocolo de amostragem	Os protocolos de amostragem dependeriam de quais os invertebrados usados como "detetores" (serão específicos à região e a cada espécie). Não é possível determinar quais os protocolos gerais apropriados até que o método de amostragem de invertebrados e as taxas de amplificação do DNA das espécies de pangolim tenham sido investigados.
Planeamento e gestão do esforço	Desconhecido uma vez que o método ainda não foi testado para pangolins e é necessário ainda uma validação do conceito.
Pressupostos fundamentais	Os pressupostos fundamentais incluem: que o invertebrado vetor relevante se tenha alimentado das espécies-alvo, que o invertebrado vetor seja recolhido durante a amostragem, que o DNA da espécie-alvo pode ser extraído e amplificado e a corretamente identificada.
Esquema de re-amostragem	Dependendo da validação do conceito, a repetição das amostragens poderia ser realizada nos mesmos locais numa escala temporal relevantes para o sistema de estudo e o contexto local, incluindo ameaças prováveis às espécies de estudo.
Vantagens e desvantagens	*Vantagens:* tem o potencial para capturar contextos espaciais e de grande escala; pode ser replicado em diferentes paisagens; fácil de padronizar em locais replicados; a preparação do trabalho de campo requer conhecimento mínimo; se usado com meta-barcoding usando *primers* universais, pode fornecer informações sobre outras espécies também. *Desvantagens:* permanece sem ser testado em pangolins; é caro; obter as licenças para mover amostras internacionalmente (licenças CITES) pode ser difícil e demorado.
Custo	A aplicação deste método exigiria um grande investimento inicial para o desenvolvimento de sequências únicas de mtDNA e o desenvolvimento e teste de *primers*, microssatélites e meta-barcoding.

Notas	Este método exigirá o acesso a laboratórios com capacidade de processar amostras. Existem empresas privadas que oferecem esses serviços, mas serão mais caras do que parceiros universitários. O material para criar bibliotecas de referência pode exigir licenças CITES, mas os insetos não.

6.14 Ciência cidadã

Apesar de serem caracteristicamente elusivos e tímidos, os pangolins são observados (detetados) por uma gama de diferentes interessados em cada Estado da área da sua distribuição, incluindo membros da comunidade local, povos indígenas, bem como turistas e membros do público. Obter informações detalhadas sobre a perceção da abundância ou similares de membros da comunidade local exigirão, de forma realista, visitas a locais com pangolins e a realização de investigação social. No entanto, membros do público, turistas e outras pessoas interessadas poderiam ajudar a confirmar a presença de pangolins nos locais, fornecendo provas da sua deteção. Isto poderia ser feito através da descrição da sua observação, que deveria ser, idealmente, verificada por uma fotografia georreferenciada para confirmar a localização do avistamento. Existe um mecanismo para o continente Africano através da MammalMAP, uma iniciativa da Unidade de Demografia Animal da Universidade da Cidade do Cabo, África do Sul, não ainda numa escala global, mas poderia ser uma ferramenta valiosa para a recolha de dados sobre a presença de pangolins. Plataformas como iNaturalist têm o potencial para agrupar esses dados e informações.

7. References

Abrams, J.F., Hörig, L., Brozovic, R., Axtner, J., Crampton-Platt, A., Mohamed, A., Wong, S.T., Sollmann, R., Yu, D.W., Wilting, A. (2018). Shifting up a gear with iDNA: from mammal detection events to standardized surveys.

Akpona, H.A., Djagoun, C.A.M.S., Sinsin, B. (2008). Ecology and ethnozoology of the three-cusped pangolin *Manis tricuspis* (Mammalia, Pholidota) in the Lama forest reserve, Benin. *Mammalia* 72, 198-202.

Anon (2018). DNA detective dogs saving pangolins. Available from: https://rmportal.net/biodiversityconservation-gateway/resources/bio-news-events/dna-detective-dogs-saving-pangolins [26 October 2018].

Anon (2015). First Pangolin Range State Meeting Report. June 24-26, 2015, Da Nang, Vietnam. Pp.1-68.

Augustine, B.C., Royle, J.A., Kelly, M.J., Satter, C.B., Alonso, R.S., Boydston, E.E., Crooks, K.R. (2018). Spatial capture-recapture with partial identity: an application to camera traps. *The Annals of Applied Statistics* 12 (1), 67-95.

Bohmann, K., Evans, A., Gilbert, M.T.P., Carvalho, G.R., Creer, S., Knapp, M., Yu, D.W., de Bruyn, M. (2014). Environmental DNA for wildlife biology and biodiversity monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 29 (6), 358-367.

Booth, A.H. (1960). Small Mammals of West Africa. Longman, Harlow, UK.

Bowler, M.T., Tobler, M.W., Endress, B.A., Gilmore, M.P., Anderson, M J. (2017). Estimating mammalian species richness and occupancy in tropical forest canopies with arboreal camera traps. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3 (3), 146-157.

Brittain, S., Bata, M.N., de Ornellas, P., Milner-Gulland, E.J., Rowcliffe, M. (2018). Combining local knowledge and occupancy analysis for a rapid assessment of the forest elephant *Loxodonta cyclotis* in Cameroon's timber production forests. *Oryx*, 1-11.

Bruce, T., Kamta, R., Mbobda, R.B.T., Kanto, S.T., Djibrilla, D., Moses, I., Deblauwe, V., Njabo, K., LeBreton, M., Ndjassi, C., Barichievy, C., Olson, D. (2018). Locating giant ground pangolins (*Smutsia gigantea*) using camera traps on burrows in the Dja Biosphere Reserve, Cameroon. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082917749224. https://doi.org/10.1177/1940082917749224.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L. (2001). Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, New York, U.S.

Burgar, J.M., Stewart, F.E., Volpe, J.P., Fisher, J.T., Burton, A.C. (2018). Estimating density for species conservation: Comparing camera trap spatial count models to genetic spatial capture-recapture models. *Global Ecology and Conservation*, 15, e00411.

Calvignac-Spencer, S., Merkel, K., Kutzner, N., Kuhl, H., Boesch, C., Kappeler, P.M., Metzger, S., Schubert, G., Leendertz, F.H. (2013). Carrion fly-derived DNA as a tool for comprehensive and cost-effective assessment of mammalian biodiversity. *Molecular Ecology* 22, 915-924.

Challender, D., Waterman, C. (2017). Implementation of CITES Decisions 17.239 b) and 17.240 on Pangolins (*Manis* spp.), CITES SC69 Doc. 57 Annex. Available from <https://cites.org/sites/default/files/eng/com/sc/69/E-SC69-57-A.pdf>. [2 August 2018].

Challender, D.W.S., Waterman, C., Baillie, J.E.M. (eds). (2014a). Scaling up pangolin conservation. IUCN SSC Pangolin Specialist Group Conservation Action Plan. Zoological Society of London, London, UK.

Challender, D., Nguyen, T.V., Shepherd, C., Krishnasamy, K., Wang, A., Lee, B., Panjang, E., Fletcher, L., Heng, S., Ming, S.H.J., Olsson, A., Nguyen, T.T.A., Nguyen, Q.V., and Chung, Y.F. (2014b). *Manis javanica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T12763A45222303. Available from: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-2.RLTS.T12763A45222303.en. [17 September 2018].

Challender, D.W.S., Baillie, J.E.M., Waterman, C. and the IUCN SSC Pangolin Specialist Group (2012). Catalysing conservation action and raising the profile of pangolins – the IUCN SSC Pangolin Specialist Group (PangolinSG). *Asian Journal of Conservation Biology*, 2, 139-140.

Chambert, T., Miller, D.A., Nichols, JD. (2015). Modeling false positive detections in species occurrence data under different study designs. *Ecology*, 96 (2), 332-339.

Chandler, R.B., Royle, J.A. (2013). Spatially explicit models for inference about density in unmarked or partially marked populations. *The Annals of Applied Statistics*, 7 (2), 936-954.

Chin, S.C., Lien, C.Y., Chan, Y.T., Chen, C.L., Yan, Y.C., Yeh, L.S (2011). Monitoring the Gestation Period of Rescued Formosan Pangolin (*Manis pentadactyla pentadactyla*) with Progesterone Radioimmunoassay. *Zoo Biology* 30, 1-11.

Chinese National Forestry Administration (2008). Investigation of Key Terrestrial Wildlife Resources in China. China Forestry Publishing House, Beijing, China. Pp. 240-241.

CITES (2001a). SC45 Doc. 12 Significant Trade in Specimens of Appendix-II species [Conf. 8.9 (Rev) and Decisions 11.106 n) and 11.117n)]. CITES, Geneva, Switzerland.

CITES (2001b). SC45 Summary Report. Forty-fifth meeting of the Standing Committee, Paris (France), 19-22 June 2001. CITES, Geneva, Switzerland.

Collaboration for Environmental Evidence (2013). Guidelines for Systemic Review and Evidence Synthesis in Environmental Management. Version 4.2. www.environmentalevidence.org.

Conroy, M.J., Runge, J.P., Barker, R.J., Schofield, M.R., Fonnesbeck, C.J. (2008). Efficient estimation of abundance for patchily distributed populations via two-phase, adaptive sampling. *Ecology*, 89(12), 3362-3370.

Cox, D.R. (1992). Regression models and life-tables. In *Breakthroughs in statistics* (pp. 527-541). Springer, New York, NY.

Cusack, J.J., Swanson, A., Coulson, T., Packer, C., Carbone, C., Dickman, A,J., Kosmala, M., Lintott, C., Rowcliffe, J.M. (2015). Applying a random encounter model to estimate lion density from camera traps in Serengeti National Park, Tanzania. *Wildlife Management* 79 (6), 1014-1021.

De Barba, M., Adams, J.R., Goldberg, C.S., Stansbury, C.R., Arias, D., Cisneros, R., Waits, L. P. (2014). Molecular species identification for multiple carnivores. *Conservation Genetics Resources*, 6(4), 821-824.

Drinkwater, R., Schnell, I.B., Bohmann, K., Bernard, K., Veron, G., Clare, E., Gilbert, M.T.P., Rossiter, S.J. (2018). Using metabarcoding to compare the suitability of two blood-feeding leech species for sampling mammalian diversity in North Borneo. *Molecular Ecology Resources.* https://doi.org/10.1111/1755-0998.12943.

Duckworth, J.W., Salter, R.E. and Khounboline, K. (1999). Wildlife in Lao PDR: 1999 Status Report. IUCN, Vientiane, Laos.

Ford, W.M., Evan, A.M., Odom, R.H., Rodrique, J.L., Kelly, C.A., Abaid, N., Diggins, C.A., Newcomb, D. (2019). Predictive habitat models derived from nest-box occupancy for the endangered Caroline northern flying squirrel in the southern Appalachians. *Endangered Species Research* 27, 131-140.

Fuller, A.K., Sutherland, C.S., Royle, J.A., Hare, M.P. (2016). Estimating population density and connectivity of American mink using spatial capture–recapture. *Ecological Applications*, 26 (4), 1125-1135.

Gaubert, P., Antunes, A., Meng, H., Miao, L., Peigné, S., Justy, F., Njiokou, F., Dufour, S., Danquah, E., Alahakoon, J., Verheyen, E., Stanley, W. T., O'Brien, S. J., Johnson, W. E., Luo, S. J. (2018). The complete phylogeny of pangolins: scaling up resources for the molecular tracing of the most trafficked mammals on Earth. *Journal of Heredity*, 109**,** 347-359.

Gaubert, P. (2011). Family Manidae. *In:* Wilson, D. E. and Mittermeier, R. A. (eds.) *Handbook of the Mammals of the World. Vol. 2. Hoofed mammals.* Barcelona, Spain: Lynx Edicions.

Gaubert, P., Antunes, A. (2005). Assessing the taxonomic status of the Palawan pangolin *Manis culionensis* (Pholidota) using discrete morphological characters. *Journal of Mammalogy* 86: 1068–1074.

Gaudin, T., Emry, R., Wible, J. (2009). The phylogeny of living and extinct pangolins (Mammalia, Pholidota) and associated taxa: a morphology based analysis. *Journal of Mammalian Evolution*, 16**,** 235-305.

Gitzen, R.A., Millspaugh, J.J., Cooper, A.B., Licht, D.S. (2012). Design and Analysis of Long-term ecological monitoring studies. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp.1-560.

Guest, G. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods* 18, 59-82.

Heath, M.E., Coulson, I.M. (1997). Home range size and distribution in a wild population of Cape pangolins, *Manis temminckii*, in north-west Zimbabwe. *African Journal of Ecology* 35, 94-109.

Hearn, A.J., Ross, J., Bernard, H., Bakar, S.A., Goossens, B., Hunter, L.T., Macdonald, D.W. (2017). Responses of Sunda clouded leopard *Neofelis diardi* population density to anthropogenic disturbance: refining estimates of its conservation status in Sabah. *Oryx*, 1-11.

Heinrich, S. Wittmann, T.A., Ross, J.V., Shepherd, C.R., Challender, D.W.S., Cassey, P. (2017). The Global Trafficking of Pangolins: A comprehensive summary of seizures and trafficking routes from 2010-2015. TRAFFIC Southeast Asia, Selangor, Malaysia.

Hines, J.E., Nichols, J.D., Royle, J.A., MacKenzie, D.I., Gopalaswamy, A.M., Kumar, N.S., Karanth, K.U. (2010). Tigers on trails: occupancy modeling for cluster sampling. *Ecological Applications*, 20 (5), 1456-1466.

Howe, E.J., Buckland, S.T., Després-Einspenner, M.L., Kühl, H. S. (2017). Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, 8 (11), 1558-1565.

Ingram, D.I., Willcox, D., Challender, D.W.S. (2019). Evaluation of applied methods to detect and monitor selected mammalian taxa.

Irshad, N., Mahmood, T., Hussain, R., Nadeem, M.S. (2015). Distribution, abundance and diet of the Indian pangolin (*Manis crassicaudata*). Animal Biology 65, 57-71.

IUCN (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. Available at: http://www.iucnredlist.org. [29 October 2018].

Kane, M.D., Morin, D.J., Kelly, M. J. (2015). Potential for camera-traps and spatial mark-resight models to improve monitoring of the critically endangered West African lion (*Panthera leo*). *Biodiversity and Conservation*, 24 (14), 3527-3541.

Karawita, H., Perera, P., Gunawardane, P., Dayawansa, N. (2018). Habitat preference and den characterisation of Indian pangolin (*Manis crassicaudata*) in a tropical lowland forest landscape of southwest Sri Lanka. *PLoS ONE* 3 (11): e0206082. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206082.

Kingdon, J.S., Happold, D., Butynski, T., Hoffmann, M., Happold, M., Kalina, J. (Eds.) (2013). Mammals of Africa Volume 5: Carnivores, Pangolins, Equids and Rhinoceroses, Bloomsbury Publishing, London.

Kingdon, J. (1971). *East African Mammals. An Atlas of Evolution in Africa.* Volume I: *Primates, Hyraxes, Pangolins, Protoungulates, Sirenians*. Academic Press, London. 446 pp.

Lee, P.B., Chung, Y.F., Nash, H.C., Lim, N.T.L., Chan, S.K.L., Luz, S., Lees, C. (2018). Sunda Pangolin (*Manis javanica*) National Conservation Strategy and Action Plan: Scaling up Pangolin Conservation in Singapore. Singapore Pangolin Working Group, Singapore. https://www.nparks.gov.sg/-/media/nparks-real-content/biodiversity/plan/sunda_pangolin_ncsap2018.pdf.

Lim, N.T.L., Ng, P.K.L. (2008a). Home range, activity cycle and natal den usage of a female Sunda pangolin *Manis javanica* (Mammalia: Pholidota) in Singapore. *Endangered Species Research* 4, 233-240.

Lim, N.T.L., Ng, P.K.L. (2008b). Predation on *Manis javanica* by *Python reticulatus* in Singapore. *Hamadryad* 32 (1), 62-65.

Lim, N.T.L., Ng, P.K.L. (2008c). Ecological research findings on *Manis javanica* in Singapore, and future directions. Presentation at Workshop on Trade and Conservation of Pangolins native to South and Southeast Asia, 30 June – 2 July, Wildlife Reserves Singapore, Singapore.

Lin, J.S. (2011). Home range and burrow utilization in Formosan pangolin (*Manis pentadactyla pentadactyla*) at Luanshan, Taitung. MSc thesis. National Pingtung University of Science and Technology. Pingtung, Taiwan.

Lin, D.Y., Wei, L.J. (1989). The robust inference for the Cox proportional hazards model. *Journal of the American statistical Association,* 84 (408), 1074-1078.

Lindenmayer, D.B., Likens, G.E. (2009). Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 29 (9), 482-486.

Lonsinger, R.C., Gese, E.M., Dempsey, S.J., Kluever, B.M., Johnson, T.R., Waits, L.P. (2015). Balancing sample accumulation and DNA degradation rates to optimize noninvasive genetic sampling of sympatric carnivores. *Molecular Ecology Resources*, 15 (4), 831-842.

Lu, S. (2005). Study on the distribution, status and ecology of Formosan pangolin in northern Taiwan. Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan.

MacDonald, D. (ed.) (2006). The Encyclopaedia of Mammals. Third Edition. Oxford University Press, Oxford, UK. Pp. 1-936.

Mahmood, T., Kanwal, K., Zaman, I.U. (2018). Records of the Indian pangolin (Mammalia: Pholidota: Manidae: *Manis crassicaudata*) from Maneshra District, Pakistan. *Jounral of Threatened Taxa* 10 (2) 11254-11261.

Mahmood, T., Irshad, N., Hussain, R., Akrim, F., Hussain, I., Anwar, M., Rais, M., Nadeeem, M.S. (2015a). Breeding habits of the Indian pangolin (*Manis crassicaudata*) in Potohar Plateau, Pakistan. Mammalia, 1-4.

Mahmood, T., Andleeb, S., Anwar, M., Rais, M., Nadeem, M.S., Akrim, F., Hussain, R. (2015b). Distribution, abundance and vegetation analysis of the scaly ant-eater (*Manis crassicaudata*) in Margalla Hills National Park, Islamabad, Pakistan. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 25 (5), 1311-1321.

Mahmood, T., Irshad, N., Hussain, R. (2014). Habitat Preferences and Population Estimates of Indian Pangolin (*Manis crassicaudata*) in District Chakwal of Potohar Plateau, Pakistan. *Russian Journal of Ecology* 45 (1), 70-75.

Meek, P.D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'brien, T., ..., Townsend, S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation*, 23 (9), 2321-2343.

Milner-Gulland, E.J., Rowcliffe, J.M. (2003). Conservation and sustainable use. A handbook of techniques. Oxford University Press, Oxford.

Moeller, A. K. (2017). New methods to estimate abundance from unmarked populations using remote camera trap data. MS Thesis, The University of Montana, U.S.

Morin, D.J., Waits, L.P., McNitt, D.C., Kelly, M.J. (2018). Efficient single-survey estimation of carnivore density using fecal DNA and spatial capture-recapture: a bobcat case study. *Population Ecology*, 60 (3), 197-209.

Morin, D.J., Kelly, M.J., Waits, L.P. (2016). Monitoring coyote population dynamics with fecal DNA and spatial capture–recapture. *The Journal of Wildlife Management*, 80 (5), 824-836.

Myhrvold N.P., Baldridge, E., Chan, B., Sivam, D., Freeman, D.L., Ernest, S.K.M (2015). An amniote life-history database to perform comparative analyses with birds, mammals, and reptiles. *Ecology* 96: 3109.

Nash, H.C., Wong, M.H.G., Turvey, S.T. (2016). Using local ecological knowledge to determine status and threats of the Critically Endangered Chinese pangolin (Manis pentadactyla) in Hainan, China. *Biological Conservation* 196: 189-195.

Newing, H. (2011). Conducting Research in Conservation. A Social Science Perspective. Routledge, Oxford, UK. Pp.1-376.

Newton, P., Nguyen, T.V., Roberton, S., Bell, D. (2008). Pangolins in Peril: Using local hunters' knowledge to conserve elusive species in Vietnam. Endangered Species Research 6, 41-53.

Nichols, J.D., Williams, B.K. (2006). Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21 (2), 668-673.

Nuno, A., St John, F.A.V. (2015). How to ask sensitive questions in conservation: A review of specialised questioning techniques. *Biological Conservation* 189, 5-15.

O'Connell, A.F., Nichols, J.D., Karanth, K.U. (Eds.). (2010). *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. Springer Science & Business Media.

Pabasara, G. (2016). Assessment of the abundance and habitat preference of Indian pangolin (*Manis crassicaudata*) in Yagirala Forest Reserve: A tropical lowland forest in south-west Sri Lanka.

Pagés, E. (1975). Etude éco-éthologique de Manis tricuspis par radio-tracking. Mammalia 39: 613-641.

Pei, K.J.C. (2010). Ecological study and population monitoring for the Taiwanese pangolin (*Manis pentadactyla pentadactyla*) in Luanshan area, Taitung. Taitung Forest District Office Cons. Res. [in Chinese], Taitung, Taiwan.

Pietersen, D., Jansen, R., Swart, J., Kotze, A. (2016a). A conservation assessment of *Smutsia temminckii*. In: Child, M.F., Roxburgh, L., Do Linh San, E., Raimondo, D., Davies-Mostert,

H.T. (Eds.), The Red List of Mammals of South Africa, Swaziland and Lesotho. South African National Biodiversity Institute and Endangered Wildlife Trust, South Africa.

Pietersen, D.W., Symes, C.T., Woodborne, S., McKechnie, A.E., Jansen, R. (2016b). Diet and prey selectivity of the specialist myrmecophage, Temminck's Ground Pangolin. *Journal of Zoology* 298, 198–208.

Pietersen, D.W., McKechnie, A.E., Jansen, R. (2014). Home range, habitat selection and activity patterns of an arid-zone population of Temminck's ground pangolins, *Smutsia temminckii*. *African Zoology*, 49 (2) 265-276.

Phillips, Q., Phillips, K. (2018). Phillips' Field Guide to the Mammals of Borneo and their Ecology. Second Edition. John Beaufoy Publishing, Oxford, UK.

Pocock, R.I. (1924). The External Characters of the Pangolins (Manidae). *Proceedings of Zoological Society of London*, Vol. 94, 707–723.

Richer, R.A., Coulson, I.M., Heath, M.E. (1997). Foraging behaviour and ecology of the Cape pangolin (*Manis temminckii*) in north-western Zimbabwe. *African Journal of Ecology* 35, 361-369.

Rowcliffe, J.M., Kays, R., Carbone, C., Jansen, P.A. (2013). Clarifying assumptions behind the estimation of animal density from camera trap rates. *The Journal of Wildlife Management.*

Rowcliffe, J.M., Field, J., Turvey, S.T., Carbone, C. (2008). Estimate animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45, 1228-1236.

Royle, J.A., Young, K.V. (2008). A hierarchical model for spatial capture–recapture data. *Ecology*, 89 (8), 2281-2289.

Royle, J.A., Nichols, J.D. (2003). Estimating abundance from repeated presence–absence data or point counts. *Ecology*, 84 (3), 777-790.

Schnell, I.B., *et al.* (2018). Debugging diversity – a pan-continental exploration of the potential of terrestrial blood-feeding leeches as a vertebrate monitoring tool. *Molecular Ecology Resources* 1-17, DOI: 10.1111/1755-0998.12912.

Schnell, I.B., Sollmann, R., Calvignac-Spencer, S., Siddall, M.E., Yu, D.W., Wilting, A., Gilbert, M.T.P. (2015). iDNA from terrestrial haematophagous leeches as a wildlife surveying and monitoring tool – prospects, pitfalls and avenues to be developed. *Fronters in Zoology* 12:24, 1-14.

Schoppe, S., Alvarado, D. (2016). Movements of the Palawan Pangolin Manis culionensis – Final project report submitted to WRS, KFI-PFTCP, Puerto Princesa City, Palawan, 16pp.

Schoppe, S., Alvarado, D. (2015). Conservation needs of the Palawan Pangolin *Manis culionensis* – Phase II (Extension) – Final scientific and financial report submitted to WRS, KFI-PFTCP, Puerto Princesa City, Palawan, 36pp.

Schoppe, S., Alvarado, D., Luz, S. (In prep, a). Home range and homing of the Palawan Pangolin *Manis culionensis*.

Schoppe, S., Alvarado, D., Luz, S., (In prep, b). First data on the population density of the Palawan Pangolin *Manis culionensis* from Palawan, Philippines.

Scotson, L., Johnston, L.R., Iannarilli, F., Wearn, O.R., Mohd-Azlan, J., Wong, W.M., Gray, T.N.E., Dinata, Y., Suzuki, A., Willard, C.E., Frechette, J., Loken, B., Steinmetz, R., Moßbrucker, A.M., Clements, G.R., Fieberg, J. (2017) Best practices and software for the management and sharing of camera trap data for small and large scales studies. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3, 158–172.

Sethi, S.A., Cook, G.M., Lemons, P., Wenburg, J. (2014). Guidelines for MSAT and SNP panels that lead to high-quality data for genetic mark–recapture studies. *Canadian Journal of Zoology*, 92 (6), 515-526.

Sollmann, R., Gardner, B., Chandler, R.B., Shindle, D.B., Onorato, D.P., Royle, J.A., O'Connell, A.F. (2013a). Using multiple data sources provides density estimates for endangered Florida panther. *Journal of Applied Ecology*, 50 (4), 961-968.

Sollmann, R., Mohamed, A., Samejima, H., Wilting, A. (2013b). Risky business or simple solution–Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*, 159, 405-412.

Stevenson, B.C., Borchers, D., Fewster, R.M. (2018). Cluster capture-recapture to account for identification uncertainty on aerial surveys of animal populations. *Biometrics.* https://doi.org/10.1111/biom.12983.

Stober, J.M., Prieto-Gonzalez, R., Smith, L.L., Margues, T.A., Thomas, L. (2017). Techniques for estimating the size of low-density Gopher tortoise populations. *Journal of Fish and Wildlife Management* 8(2), 377-386.

Sun, N.C.M., Sompud, J., Pei, K.J.C. (2018). Nursing period, behaviour development and growth pattern of a newborn Formosan Pangolin (*Manis pentadactyla pentadactyla*) in the wild. *Tropical Conservation Science,* 11, 1-6.

Sun, C.C., Fuller, A.K., Hare, M.P., Hurst, J. E. (2017). Evaluating population expansion of black bears using spatial capture-recapture. *The Journal of Wildlife Management*, 81 (5), 814-823.

Sun, C.C., Fuller, A.K., Royle, J.A. (2014). Trap configuration and spacing influences parameter estimates in spatial capture-recapture models. *PloS ONE*, *9*(2), e88025.

Sunarto, Sollmann, R., Mohamed, A., Kelly, M.J. (2013). Camera trapping for the study and conservation of tropical carnivores. *Raffles Bull Zoology*, 28, 21-42.

Swart, J. (2013). *Smutsia temminckii* Ground pangolin (Temminck's ground pangolin, Cape pangolin). In: *Mammals of Africa Volume 5: Carnivores, Pangolins Equids and Rhinoceroses*, (eds) J. Kingdon and M. Hoffmann, pp. 400–405. Bloomsbury Natural History, London.

Swart, J. (1996). Foraging behaviour of the Cape pangolin *Manis temminckii* in the Sabi Sand Wildtuin. M.Sc. thesis, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.

Taberlet, P., Griffin, S., Goossens, B., Questiau, S., Manceau, V., Escaravage, N., ..., Bouvet, J. (1996). Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. *Nucleic Acids Research*, 24 (16), 3189-3194.

Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F., Brochmann, C., Willerslev, E. (2012). Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 21 (8) 20145-50.

Trageser, T., Ghose, A., Faisal, M., Mro, P., Mro, P. Rahman, S.C. (2017). Pangolin distribution and conservation status in Bangladesh. PLoS ONE 12 (4): e0175450. https://doi.org/10.1371/journal.pone.01754.

Waits, L.P., Paetkau, D. (2005). Noninvasive genetic sampling tools for wildlife biologists: a review of applications and recommendations for accurate data collection. *The Journal of Wildlife Management*, 69 (4), 1419-1433.

Wasser, S.K., Hayward, L.S., Hartman, J., Booth, R.K., Broms, K., Berg, J., Seely, E., Lewis, L., Smith, H. (2012). Using Detection Dogs to Conduct Simultaneous Surveys of Northern Spotted (*Strix occidentalis caurina*) and Barred Owls (*Strix varia*). *PLoS ONE* 7 (8): e42892. doi:10.1371/journal.pone.0042892.

Wasser, S. K., Davenport, B., Ramage, E. R., Hunt, K.E., Parker, M., Clarke, C., Stenhouse, G. (2004). Scat detection dogs in wildlife research and management: application to grizzly and black bears in the Yellowhead Ecosystem, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 82, 475-492.

Wearn, O.R., Rowcliffe, J.M., Carbone, C., Pfeifer, M., Bernard, H., Ewers, R.M. (2017). Mammalian species abundance across a gradient of tropical land-use intensity: a hierarchical multi-species modelling approach. *Biological Conservation*, 212, 162-171.

Wearn, O., Glover-Kapfer, P. (2017). Camera-trapping for Conservation: a Guide to Best-practices. WWF-UK: Woking, UK.

White, G.C., Burnham, K.P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46 (sup1), S120-S139.

Whittington, J., Hebblewhite, M., Chandler, R.B. (2018). Generalized spatial mark–resight models with an application to grizzly bears. *Journal of Applied Ecology*, 55 (1), 157-168.

Whitworth, A.W., Braunholtz, L.D., Huarcaya, R.P., MacLeod, R., Beirne, C. (2016). Out on a limb: arboreal camera traps as an emerging methodology for inventorying elusive rainforest mammals. *Tropical Conservation Science* 9 (2), 675-698.

Willcox, D., Ingram, D.I., … Challender, D.W.S. (In prep.). Evaluating methods for the detection and ecological monitoring of pangolins (Pholidota: Manidae).

Wilson, D.E., Reeder, D.M. (ed.) (2005): Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. Third edition, Vol. 1-2, xxxv + 2142 pp. Baltimore (John Hopkins University Press).

Wilson, A. (1994). Husbandry of pangolins *Manis* spp. *International Zoo Yearbook* 33, 248-251.

Wong, A., Fuller, A.K., Royle, J.A. (2018). Adaptive Sampling for Spatial Capture-Recapture: An efficient sampling scheme for rare or patchily distributed species. *BioRxiv*, 357459.

Woodruff, S.P., Johnson, T.R., Waits, L.P. (2015). Evaluating the interaction of faecal pellet deposition rates and DNA degradation rates to optimize sampling design for DNA-based mark–recapture analysis of Sonoran pronghorn. *Molecular Ecology Resources,* 15 (4), 843-854.

Wu, S.B., Liu, N., Zhang, Y., Ma, G.Z. (2004). Assessment of threatened status of Chinese Pangolin (*Manis pentadactyla*). *Chinese Journal of Applied Environmental Biology* 10, 456-461.

Wu, S.B., Liu, N.F., Ma, G.Z., Xu, Z.R., Chen, H. (2003). Habitat Selection by Chinese Pangolin (*Manis pentadactyla*) in Winter in Dawuling Natural Reserve. *Mammalia* 67 (4), 493-501.

Wu, S.B., Ma, G.Z., Tang, M., Chen, H., Liu, N.F. (2002). The status and conservation strategy of pangolin resource in China. *Journal of Natural Resources* 17 (2), 174-180.

Wultsch, C., Waits, L.P., Hallerman, E.M., Kelly, M.J. (2015). Optimizing collection methods for noninvasive genetic sampling of neotropical felids. *Wildlife Society Bulletin*, 39 (2), 403-412.

Yang, C.W., Chen, S., Chang, C.Y., Lin, M.F., Block, E., Lorensten, R., Chin, J.S.C., Dierenfeld, E.S. (2007). History and Dietary Husbandry of Pangolin in Captivity. *Zoo Biology* 26, 223-230.

Young, S., Rode-Margono, J., Amin, R. (2018). Software to facilitate and streamline camera trap data management: A review. *Ecology and Evolution* 8 (19): 9947–9957.

Zhang, F., Wu, S., Zou, C., Wang, Q., Li, S., Sun, R. (2016). A note on the captive breeding and reproductive parameters of the Chinese pangolin *Manis pentadactyla* Linnaeus, 1758. *ZooKeys* 618, 129-144.

Zhang, F., Wu, S., Yang, L., Zhang, L., Sun, R., Li, S. (2015). Reproductive parameters of the Sunda pangolin, *Manis javanica*. *Folia Zoologica* 64 (2), 129-135.

Zhang, Y. (2009). Conservation and Trade Control of Pangolins in China. In: Pantel, S., Chin, S.Y. (eds.). Proceedings of the Workshop on Trade and Conservation of Pangolins Native to South and Southeast Asia. 30 June – 2nd July, 2008, Wildlife Reserves Singapore, Singapore, pp.66–74

Zoological Society of London (2017). Sunda Pangolin Monitoring Protocol v.1.0. Zoological Society of London, London, UK.