

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

TAFONOMIA FORENSE: ESTUDO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO
EXPERIMENTAL E DAS ALTERAÇÕES POST-MORTEM NO CERRADO DE
BRASÍLIA

CAROLINE DEMO

Prof. Dr. José Roberto Pujol Luz

Orientador

BRASÍLIA, 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

TAFONOMIA FORENSE: ESTUDO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO
EXPERIMENTAL E DAS ALTERAÇÕES POST-MORTEM NO CERRADO DE
BRASÍLIA

CAROLINE DEMO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Biologia Animal

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Pujol Luz

BRASÍLIA

2013

AGRADECIMENTOS

Às palavras ouvidas/lidas do CARA lá de cima, que me encorajaram e me fizeram perdoar, o que eu julgo errado, das pessoas que me rodeiam. A ter mais fé em mim, conseguindo cumprir meus objetivos sem pisar em ninguém, mesmo quando me mandaram fazê-lo, tive força para que meu coração nunca o fizesse (O Jota me ajudou a entender isso também).

Aos meus pais Leonilde e Angelim, e minha irmã Melissa (Família dos Demo ☺) que sempre ouviram minhas lamentações e minhas dificuldades, e que mesmo distantes em quilômetros estiveram mais próximos do meu coração do que nunca estiveram. Ao Bruno Borges de Andrade, agora parte de mim e da minha família.

Ao Professor Dr. José Roberto Pujol Luz pela orientação.

Aos Peritos da Polícia Federal pelo auxílio e disposição na utilização do GPR. Marcelo de Lawrence Bassay Blum, Marcio e ao Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges

Aos amigos/família especiais encontrados aqui em Brasília: Andréa Cardoso, Lenisa, Denise, Lidi, Cléssia, Lucy, Frank, Aline, Menin, Jota, Lu e Moabe, Jeff e Vanessa, Cynthia e Alexandre, Lenice e Tomé + Pedro, Karol Vitorino e sua/minha mãe Jania e Matheus, Carol Franco e Léo lindo. Aos amigos que permaneceram: Gisa, Aline Pessim, Monique. Guardo vocês no coração e nos pensamentos sempre. **Fazer amigos: nisso sim eu posso afirmar que sou ótima, sem a humildade de sempre.**

Ao Hélio Spindula e ao Rogério que sempre estiveram comigo, perto ou longe, amizade verdadeira e apoio em qualquer momento. Rogério é um grande amigo.

Aos amigos do Núcleo de Entomologia Forense, Karine, Érica, Khesler, Ana Franco, Anna Prestes, Karla, Cecília, Thiago, Fran, Lira, pelo grande apoio.

Aos companheiros da FAL: Diogo, Ricardo, Franklin, Danilo, Mauro, Alberto, Seu Osmar (que comprou os porcos pra mim), pessoal da segurança, todos bons colegas de trabalho.

Aos meus coordenadores de série do Colégio Militar de Brasília.

Aos meus queridos alunos, que me fazem sempre sair da rotina pra tentar responder às perguntas mais loucas que já vi na vida. Essa força eu achei que não tivesse, mas acredito que meu orgulho por suas vitórias é o que me engrandece.... ah os alunos do Colégio Militar de Brasília são tudo... ZUM ZARAVALHO.

SUMÁRIO

Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
1. Introdução.....	01
1.1. Conceitos em Tafonomia.....	03
1.2. A Tafonomia no Mundo e o Mundo da Tafonomia Forense.....	05
1.3. O Cadáver: recurso efêmero nas ciências forenses.....	10
2. Objetivos.....	17
3. Material e Métodos.....	18
3.1. Local dos Experimentos.....	18
3.2. Modelos.....	18
3.3. Sítio de Decomposição.....	19
3.3.1. Em superfície.....	19
3.3.1.1. Observação de Vertebrados	20
3.3.1.2. Coleta de Insetos.....	20
3.3.1.3. Estudo de Espalhamento de ossos.....	21
3.3.2. Enterrados em Covas Rasas.....	22
3.3.2.1. Exumações.....	24
3.3.2.2. Escaneamento de Solo.....	26
3.4. Temperatura, Umidade e Pluviosidade.....	27
4. Resultados e Discussão.....	28
4.1. Decomposição em Superfície.....	28
4.1.1. Vertebrados necrófagos associados às carcaças.....	28

4.1.1.1. Ação de Aves Limpadoras.....	29
4.1.1.2. Ação de Felinos Limpadores.....	32
4.1.2. Estudo do Espalhamento de Ossos.....	38
4.1.3. A sucessão de DIPTERA: Calliphoridae e COLEOPTERA em carcaças de <i>Sus scrofa</i> (L.)	48
4.1.3.1. Diptera.....	49
4.1.3.2. Coleoptera.....	51
4.2. Decomposição em Covas Rasas.....	54
4.2.1. Associação de insetos necrófagos (DIPTERA: Stratiomyidae e COLEOPTERA: Scarabaeidae e Trogidae) com carcaças enterradas, fenômenos da decomposição e levantamento de dados através de GPR em covas rasas.....	54
4.2.1.1. Recuperação dos restos mortais.....	55
a) 90 dias de enterramento.....	55
b) 180 dias de enterramento.....	57
c) 365 dias de enterramento.....	59
4.2.1.2. Montagem e contagem de partes corporais.....	63
4.2.1.3. Tecnologia utilizada na detecção de covas em simulação de cemitérios clandestinos	66
5. Considerações Finais.....	71
6. Perspectivas.....	73
7. Referências Bibliográficas.....	74

RESUMO

DEMO, C. **Tafonomia Forense: Um Estudo sobre a decomposição experimental e das alterações pós-morte no Cerrado de Brasília.** Instituto de Biologia. Universidade de Brasília. 2013, 91p. Tese de Doutorado.

A tafonomia forense envolve os processos posteriores à morte, como as marcas encontradas no esqueleto, a desarticulação e dispersão de partes corporais, a influência de carniceiros vertebrados e invertebrados na decomposição de corpos envolvidos em questões policiais, ou seja, refere-se à recuperação de informações através de vestígios encontrados em restos mortais, que vão desde o momento da morte até processos tardios de preservação dos tecidos e das marcas presentes no esqueleto. Desta forma, os resultados de estudos tafonômicos podem ser aplicados às investigações criminais, auxiliando na interpretação de evidências. No presente trabalho, foi realizado um inventário da fauna associada às carcaças de porcos domésticos, de aproximadamente 60 Kg, em decomposição na superfície do solo e enterradas em covas rasas. Nessas carcaças, foi registrada a presença de animais necrófagos ou acidentais, que estão associados aos fenômenos da decomposição. Foram observados e descritos os artefatos causados nas carcaças que podem ser associados à alteração de um local de crime. Em carcaças de porcos com o tamanho de um humano adulto foram observadas 34 espécies animais divididas nas ordens Diptera e Coleoptera (Insecta). Entre os vertebrados foram registradas quatro espécies de aves: *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *Sarcoramphus papa*, *Caracara plancus* e mamíferos: *Didelphis albiventris* e *Leopardus pardalis*. Esses indivíduos influenciaram na forma como o recurso foi consumido, na desarticulação e no espalhamento das partes ósseas das carcaças em superfície. O acesso desses animais à carcaça acelerou o processo de decomposição da mesma, causou o espalhamento dos ossos a 5,35 m de distância e causou grande modificação no sítio de decomposição. A fauna presente nas carcaças enterradas, quando comparada às em superfície, foi bastante reduzida e foi representada principalmente por espécies das famílias Scarabaeidae, Trogidae (Coleoptera), Phoridae e Stratiomyidae (Diptera). Os fatores abióticos (e.g. solo, umidade, temperatura e pluviosidade) alteraram a forma de decomposição dos esqueletos e causaram a saponificação e a mumificação dos tecidos. Os artefatos tafonômicos observados servem de subsídio para a compreensão do processo de decomposição e para as inferências sobre causa e maneira da morte.

ABSTRACT

DEMO, C. **Forensic Taphonomy: A Study of the experimental decomposition and the injuries *post-mortem* in the Cerrado of Brasilia.** Instituto de Biologia. Universidade de Brasília. 2013. 91p. Tese de Doutorado.

The forensic taphonomy refers to the recovery of information through traces found on the remains, and this information can be observed from the moment of death until late processes of tissue preservation, well as in the marks present in the skeleton. Therefore, the results of taphonomic studies can be applied to criminal investigations, assisting the interpretation of evidence. In this study we have made an inventory of the fauna associated with carcasses of domestic pigs with 60 Kg on the soil surface as well as buried in shallow graves. The presence of scavengers or accidental animals in the carcasses was recorded, as well as its association with the phenomena of decomposition. Still, we observed and described the artifacts found in the carcasses that may be associated with alteration of a crime scene. In the pigs' carcasses with the size of an adult human, 34 animal species were observed, being them divided in the orders Diptera and Coleoptera (Insecta), as well as some vertebrates, *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *Sarcoramphus papa*, *Caracara plancus*, *Didelphis albiventris* and *Leopardus pardalis*. These species have influenced the way in which the resource was consumed, as well as the disarticulation and scattering of the bony parts of carcasses above the ground. The access of these animals altered the rate of decomposition and the bones were spread up to 5.5 m away from the carcass, causing major changes in the site of decomposition. When compared to the carcasses in the surface, the fauna present in the buried ones was reduced, being represented mainly by species of the families Scarabaeidae, Trogidae (Coleoptera), and Phoridae and Stratiomyidae (Diptera). In buried carcasses, physical (e.g. soil) and abiotic factors (e.g. humidity, temperature, and rainfall) changed the way that the decomposition occurs, and allowed the adipocere and mummification of the tissues. The taphonomic artifacts observed here can serve as subsidy to serve the understanding of the decomposition process and for inferences about the cause and manner of death.

Lista de Tabelas

Tabela 1. Espécies de vertebrados fotografadas pela armadilha fotográfica acessando as carcaças de <i>Sus scrofa</i> L. no Distrito Federal.....	28
Tabela 2: Relação entre a espécie de vertebrado e a fase de decomposição de carcaças de <i>Sus scrofa</i> L. em que a mesma foi fotografada.....	29
Tabela 3. Espécies de Diptera coletados com rede entomológica e abundância relativa, em três carcaças de <i>Sus scrofa</i> (L.) em área de Cerrado da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Distrito Federal, durante os anos de 2010 e 2011.....	49
Tabela 4. Espécies de Coleoptera coletados em armadilha de solo e abundância relativa, em três carcaças de <i>Sus scrofa</i> (L.) em área de Cerrado da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Distrito Federal, durante os anos de 2010 e 2011.....	51
Tabela 5: Cronograma de período em meses do momento inicial do experimento e do período em que foram realizadas as exumações. As letras entre parênteses representam a terminologia que será usada para cada experimento de exumação.....	54
Tabela 6. Partes ósseas recuperadas durante as exumações de covas rasas com 90, 180 e 365 dias de enterramento em períodos distintos, um iniciando em março e outro iniciado em setembro de 2010.....	63

Lista de Figuras

Figura 1: Tafonomia segundo a Paleoecologia e a Bioestrationomia (Modificado de Holtz & Simões, 2002).	04
Figura 2. Fase inicial da decomposição de porco do tamanho de um humano adulto durante Experimento 2 realizado em setembro de 2010.	12
Figura 3. Porco na fase de inchaço, durante decomposição realizada no experimento 2 em setembro de 2010.....	13
Figura 4. Porco na fase de deterioração, durante decomposição realizada no experimento 2 em setembro de 2010.....	14
Figura 5. Porco na fase de decomposição ativa, durante experimento realizado em setembro de 2010.....	14
Figura 6. Porco na fase de restos, durante decomposição em experimento realizado em setembro de 2010.....	15
Figura 7. Imagem aérea da área de Cerrado destinada à experimentação em Entomologia Forense da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília.....	18
Figura 8. Disposição em campo dos equipamentos de A - Monitoramento fotográfico por câmera <i>trap</i> ; B - Armadilha de solo (<i>pitfall</i>).....	22
Figura 9. Mapa esquemático dos sítios de trabalho e localização das carcaças: 1- Decomposição em superfície; 2- Sítios de enterramento; B-Cova rasa 90 dias com Rizotron (Adaptado de Glinski <i>et al.</i> 1993); C- Cova rasa 180 dias; D- Cova rasa 365 dias.....	23
Figura 10. Fotografia do método Rizotron adaptado para carcaças enterradas: (A) modelo colocado com a região ventral voltada para o vidro; (B) cova após o enterramento e visualização do buraco de 130 cm para observação das alterações no solo decorrentes da autólise dos tecidos.....	24
Figura 11. Montagem dos equipamentos de trabalho para realizar a exumação: pás, enxada, pincéis, peneiras, potes biológicos, pinças, baldes e talhadeira.	25
Figura 12. Atividade de catação de ossos, insetos e pupários (A); peneiras com granulometrias diferentes (B).....	25
Figura 13. <i>Coragyps atratus</i> fotografado pela armadilha fotográfica diretamente na carcaça, evidenciando a atividade de movimentação de partes do corpo.....	34
Figura 14. <i>Cathartes aura</i> acessando a carcaça do terceiro experimento.....	34
Figura 15. <i>Sarcoramphus papa</i> acessando a carcaça do terceiro experimento.....	35
Figura 16. <i>Caracara plancus</i> acessando a carcaça durante o estágio gasoso no terceiro experimento.....	35

Figura 17. <i>Leopardus pardalis</i> fotografada pela armadilha fotográfica acessando a carcaça com quatro dias de decomposição.....	36
Figura 18. <i>Leopardus pardalis</i> acessando a carcaça e provavelmente movimentando-a em 90° em relação à posição original: (A) 31/08/2011 à noite; (B) 01/09/2011 carcaça movimentada.....	36
Figura 19. <i>Didelphis albiventris</i> fotografado pela armadilha fotográfica provavelmente se alimentando de coleópteros na armadilha de solo próxima à carcaça.....	37
Figura 20. <i>Coragyps atratus</i> e <i>Caracara plancus</i> interagindo no sítio de decomposição.....	37
Figura 21. Ilustração do deslocamento vertical da perna traseira no experimento ocorrido no 11° dia de observação (A) Posição inicial, (B) Posição após movimentação.	39
Figura 22. Deslocamento de vértebras costal e lombar. A- Carcaça inteira e demarcação do local em que estão as vértebras, B- Destaque das perfurações provocadas pela retirada da vértebra.....	40
Figura 23. Diagrama representando os dados cumulativos de todas as etapas do espalhamento do experimento iniciado em Março de 2010.....	41
Figura 24. Deslocamento da perna traseira ocorrido aos 20 dias de experimentação. A- Posição inicial, B- Posição após movimentação.....	42
Figura 25. Diagrama representando os dados cumulativos de todas as etapas do espalhamento do experimento iniciado em Setembro de 2010.....	43
Figura 26. Espalhamento de ossos a aproximadamente 6 m do local original da decomposição gerando um artefato de movimentação na direção noroeste.....	44
Figura 26. Montagem dos esqueletos para contagem e levantamento de partes perdidas.....	48
Figura 27. Abundância de dípteros de acordo com as fases da decomposição em que foram coletados.....	50
Figura 29. Recuperação de ossos em exumação de enterramento com 90 dias de decomposição; Retirada da terra compactada próxima à carcaça (A); limpeza dos ossos para visualização do contorno da carcaça (B).....	56
Figura 30. Saponificação aparente na exumação com 90 dias de enterramento em ambiente de umidade relativa média no período de 85%.....	57

Figura 31. A- Recuperação de pele e pelos da carcaça enterrada em cova rasa a 180 dias; B-Pupários parasitados (1) Pupário de Phoridae, (2) Cornos respiratórios característicos de larvas de Phoridae.....	58
Figura 32. Perfuração encontrada a uma profundidade aproximada de 45 cm, na exumação com 180 dias de enterramento, exumada em abril de 2011.	59
Figura 33. Local de enterramento após 365 dias. Presença de pequena quantidade de vegetação no local onde ocorreu a movimentação do solo para escavação de cova rasa.	60
Figura 34. Montagem dos esqueletos para contagem e levantamento de partes perdidas.	65
Figura 35. O perfil GPR mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco e uma profundidade de 55 cm exumada com 180 dias de enterramento (imagem cedida pelo IG-UnB).....	67
Figura 36. O perfil GPR mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco e uma profundidade de 63 cm exumada com 180 dias de enterramento.....	68
Figura 37. O perfil GPR mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco e uma profundidade de 62 cm exumada 365 dias de enterramento.....	68

1. INTRODUÇÃO

Em muitos países há casos de execuções sumárias que não são comentadas pela mídia. São casos em que há envolvimento político, de milícias e do tráfico de drogas e de pessoas. Casos em que os “desaparecimentos” são forçados e atos de violência e genocídios são ocultados, esbarram na falta de informações públicas sobre essas questões, dificultando as investigações e também a prevenção de atos semelhantes no futuro (ONU 1991).

Historicamente os cemitérios clandestinos – locais de desovas de corpos sem legalização, originados de execuções sumárias, tráfico de drogas, maus tratos (ONU 1991, modificado) – marcam momentos de embates armados como: Little Big Horn (1876), Primeira Guerra Mundial (1914-1918), Guerra Civil Espanhola (Década de 40), Segunda Guerra Mundial (1942-1945) e Guerra do Kosovo (1996-1999), entre outras. Nesses episódios, mortos eram deixados pelo caminho ou então recolhidos e despejados em covas coletivas. A história demonstra esses acontecimentos por meio de registros fotográficos antigos e reafirma sua existência pela descoberta de covas em massa através de estudos históricos e testemunho de sobreviventes (e.g. GOJANOVIĆ & SUTLOVIĆ 2007, MALGOSA *et al.* 2010). Tais investigações envolvem conhecimentos de várias áreas da ciência, importantes na descoberta das causas e interpretação dos artefatos presentes nos corpos ou junto deles. Para isso, equipes de Paleontologia, Arqueologia e Antropologia unem esforços no entendimento dos vestígios.

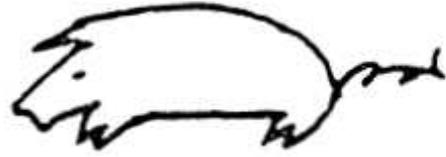
No Brasil, a Guerrilha do Araguaia (ocorrida nas décadas de 60 e 70), é um dos exemplos de local de investigação de cemitérios clandestinos, unindo grupos de pesquisa da Universidade de Brasília e Polícia Federal.

Para que seja realizado o mapeamento e recuperação de restos corporais de cemitérios clandestinos, podem ser utilizadas técnicas da tafonomia forense. Ela envolve as observações das marcas encontradas no esqueleto, a desarticulação e dispersão de partes corporais; a influência de carniceiros vertebrados e invertebrados na decomposição de corpos envolvidos em questões policiais, ou seja, refere-se à recuperação de informações através de vestígios encontrados em restos mortais, que vão desde o momento da morte até processos tardios de preservação dos tecidos por meio da mumificação (ressecamento do tecido) e da saponificação (preservação do tecido adiposo em alta umidade).

As investigações experimentais apresentadas nesse trabalho, marcam o início da tafonomia forense na área das ciências forenses no Brasil e envolvem os processos posteriores à morte em uma simulação de cemitério clandestino, contendo carcaças de porcos *Sus scrofa* (L.), decompondo em superfície e em covas rasas.

Nas decomposições em superfície, descrevemos as alterações ocasionadas pelo acesso de vertebrados e invertebrados que participaram desse processo e utilizaram o recurso e os artefatos – toda modificação inexistente no momento da morte – causados pelo consumo ou apenas acesso ao local.

Nas decomposições em covas rasas, realizamos o acompanhamento através das exumações em períodos distintos (90 dias, 180 dias e 365 dias), descrevendo as influências do solo e dos invertebrados participantes nesse processo, além de utilizar a tecnologia de Georadar ou GPR, para monitorar e comprovar a alteração no solo ocasionada pela carcaça enterrada.



1.1. CONCEITOS EM TAFONOMIA

A Tafonomia forma o tripé dos conhecimentos de Paleontologia, de Geologia e Arqueologia, que permite conhecer os processos de soterramento e transformação de carcaças (e.g. decomposição, movimentação vertical dos ossos e fossilização). O termo Tafonomia (leis-*nomos* do enterramento-*taphos*) surgiu com o paleontólogo russo Ivan Antonovitch Efremov em 1940, que definiu tafonomia como o estudo da transição dos restos mortais da biosfera para a litosfera. BISSARO (2008) afirma que o autor procurou com esses conceitos, preencher uma lacuna entre os estudos paleontológicos e geológicos, reinterpretando as maneiras de se registrar um mesmo acontecimento.

Seguindo a definição de EFREMOV (1940) na visão de GIFFORD (1981) a tafonomia pode ser vista como uma área das pesquisas paleontológicas que define, descreve e sistematiza os efeitos naturais dos processos, que ocorrem nos restos orgânicos depois da morte e envolve duas linhas distintas, mas necessariamente relacionadas à investigação. A primeira dedica-se a estudar processos contemporâneos envolvidos na transição da matéria orgânica da biosfera para a litosfera, focando na produção de efeitos análogos aos traços observados em evidências fósseis. A segunda confronta o que já se conhece do vestígio com os processos presentes. Significa colocar os vestígios no tempo e no espaço.

Esse tempo e espaço compreendem uma série de processos que devem ser definidos na sua origem: natural ou cultural dentro da população estudada (DENYS 2002). BEHRENSMEYER *et al.* (2000) demonstrou que no campo da paleobiologia, até o

momento da formação de um fóssil, ele passa por processos pré-enterramento e pós-enterramento sendo que as alterações tafonômicas podem ocorrer em todos os estágios.

A Tafonomia nos permite reconstruir a história dos fósseis e, a partir da aplicação de conceitos ecológicos associados às análises das rochas onde estes foram encontrados, possibilita também as reconstruções paleoecológicas relacionadas às áreas e disciplinas irmãs e à bioestratigrafia (Figura 1) (HOLTZ & SIMÕES 2002). Procura entender o processo de recuperação de fósseis e as tafofácies envolvidas (BEHRENSMEYER & KIDWELL 1985, BEHRENSMEYER *et al.* 2000). Contrariamente à paleoecologia básica, algumas características tafonômicas podem ser previamente diagnosticadas e assim resultarem em conhecimentos sobre a origem desses processos (e.g. da predação, do espalhamento, da desarticulação, entre outros) (LYMAN 1994, BRIGGS 1995, BEHRENSMEYER *et al.* 2000)

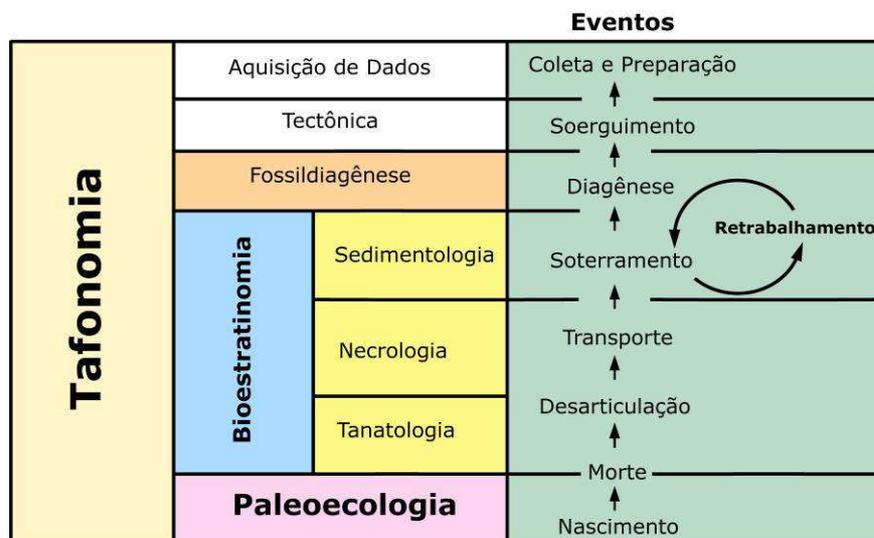


Figura 1: Tafonomia segundo a Paleoecologia e Bioestratigrafia (Modificado de HOLTZ & SIMÕES, 2002).

Sendo então a Tafonomia a união das técnicas de antropologia, paleontologia e arqueologia, todas dedicadas a um histórico dos restos humanos e animais desde a pré-história, a tafonomia forense foi definida por HAGLUND & SORG (1997) como o estudo

da transição dos seres humanos de organismos vivos para restos mortais, incluindo causas de morte, para efeito judicial ou legal.

1.2. A Tafonomia no Mundo e o Mundo da Tafonomia Forense

No século XIX, estudos realizados por BUCKLAND (1823) e LARTET (1860) sobre informações paleontológicas e arqueológicas iniciaram um padrão de análises consideradas subsídios para descrição de métodos de recuperação de informações em registros arqueológicos modernos. BUCKLAND (1823) observou marcas de mordidas de hienas em ossos de animais antigos, referindo-se a essa observação como análise paleoarqueológica desse registro. LARTET (1860), baseado em seus conhecimentos arqueológicos, exumou ossos humanos pré-históricos e encontrou alguns vestígios de animais extintos. Comparando-os com os estudos contemporâneos, forneceu bases para a união dos métodos arqueológicos e antropológicos (HAGLUND & SORG 2002).

O conceito principal e mais marcante foi dado pelo paleontólogo russo, EFREMOV (1940): tafonomia é o estudo da transição dos restos mortais da biosfera para a litosfera. Conceito esse que marcou um tempo, pois, a partir daí, em várias partes do mundo esse conceito começou a ser aplicado nas áreas afins: antropologia, arqueologia, geologia e biologia (OLSON 1980, GIFFORD 1981, HAGLUND *et al.* 1989, LYMAN 1994, NAWROCKY 1995, HAGLUND & SORG 1997, 2002, HOLZ & SIMÕES 2002, DENYS 2002, CARTER & TIBBETT 2008, URURAHY-RODRIGUES *et al.*, 2008 entre outros).

BEHRENSMEYER (1978) avaliou, em registros ósseos de mamíferos expostos em savana africana durante aproximadamente 10-15 anos, que a tafonomia e a ecologia, das informações obtidas dos ossos no Quênia, permitiam identificar marcas características de temperatura, umidade e química do sol, relacionados às variações ambientais ocorridas no local e na morte do animal.

GIFFORD (1981) fez uma crítica ousada sobre a tentativa de dividir a tafonomia entre disciplinas irmãs (arqueologia e paleontologia). Nessa obra, o autor defende a interdisciplinaridade da ótica tafonômica, e afirmou que não há necessidade de tentar encontrar o responsável pela tafonomia em dois ramos, porque os estudos são complementares.

Na América do Norte, RODRIGUEZ & BASS (1985) referiram-se à aplicação de técnicas da antropologia nas ciências forenses, recuperando restos humanos de vítimas de homicídio em covas rasas. Em 1988 e 1989, HAGLUND *et al.*, com os artigos “Tooth Mark Artifacts and Survival of Bones in Animal Scavenged Human Skeleton” e “Canid Scavenging/Disarticulation Sequence of Human Remains in the Pacific Northwest”, chamaram a atenção das ciências forenses para a tafonomia forense na localização e recuperação de vestígios e marcas de vertebrados que poderiam comprometer a interpretação da causa da morte. A partir deste marco, as ciências forenses começaram a fazer referência à tafonomia e à aplicação de técnicas de áreas afins como a arqueologia e a paleontologia (HAGLUND & SORG 1997). Naquele mesmo artigo, HAGLUND *et al.* (1989) referem-se à divulgação de trabalhos no evento ocorrido em 1986 “38th Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences”, ao que tudo indica, estas foram as primeiras referências à tafonomia forense.

Depois dele, LYMAN (1994) com a obra “Vertebrate Taphonomy”, dentro da zooarqueologia, inseriu uma renovada visão da tafonomia, citou os aspectos verificados nos registros arqueológicos e procurou entender se aqueles ossos foram depositados em determinado local por um homínídeo ou por meio da ação de vertebrados carnívoros. Essa obra veio preencher uma lacuna de registros relacionados à tafonomia forense.

NAWROCKI em 1995, com o capítulo “Taphonomic processes in historic cemeteries”, referiu-se à tafonomia forense como uma ferramenta para reconstruir a

história de cadáveres humanos e categoriza as influências bióticas e abióticas. Em 1996, com sua pequena nota intitulada “An Outline of Forensic Taphonomy”, trata especificamente da tafonomia forense, caracteriza as variáveis bióticas e abióticas e, ao salientar a possibilidade de alterar evidências em investigações legais, apresenta a classificação em Biotafonomia e Geotafonomia. A primeira descreve como as variáveis bióticas e abióticas influenciam a decomposição e a segunda investiga como a decomposição influencia ou modifica o solo e o meio circundante.

HAGLUND & SORG (1997, 2002), como editores de duas obras completas “Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains” e “Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspective”, referiram-se ao entendimento e à aplicabilidade da tafonomia forense nas ciências forenses (arqueologia, antropologia, paleontologia, química, botânica e entomologia), reunindo renomados pesquisadores especialistas nas diversas áreas. Nessas obras, os autores relacionaram os aspectos ambientais, o local onde ocorreu a decomposição (água, superfície do solo, enterrados), a importância dos invertebrados e vertebrados na decomposição, a influência da morte no solo e, entre outros fatores, os estudos de caso aplicando essas técnicas de recuperação de vestígios.

DOMINGUEZ-RODRIGO (1998), na Espanha, referiu-se à tafonomia como derivada da Arqueologia, dedicada a desvendar as histórias dos restos arqueológicos para reconstruir os homicídios do passado, extraíndo todas as informações posteriores à deposição de um organismo no solo por meio das divisões dos conhecimentos em duas partes: a análise e a interpretação, a primeira responsável pela extração dos dados do passado, a segunda, tratando dos resultados e tornando-os informativos. Ainda afirmou ter percebido não haver um modelo referencial de acumulação óssea humana.

PIPER & O`CONNOR (2001), no Reino Unido, em trabalho sobre tafonomia de vertebrados, fizeram um estudo de caso de depósitos Anglo-Scandinavian excavados para a construção do Hotel Queens na cidade de Nova York. Neste mesmo trabalho, foram utilizados os métodos bioestratigráficos de arqueologia para identificar os fatores que influenciaram o desenvolvimento da fauna observada no registro.

HOLTZ & SIMÕES (2002), no Brasil, publicaram o livro “Elementos Fundamentais de Tafonomia”, no qual recuperaram conceitos, mais voltados para a paleontologia, no entendimento das transformações físico-químicas ao longo do processo de fossilização. E já afirmavam que a tafonomia se tornava uma ciência autônoma, firmemente entrelaçada com a geologia sedimentar e a paleontologia, tendendo ao campo da estratigrafia através de estudos que explicam a origem das acumulações esqueléticas.

HUNTER & Dockwill (2002), em sua obra “Studies in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology”, relatou a recuperação de corpos humanos enterrados, por ação criminosa em cemitérios clandestinos e em situações de construção de cemitérios urbanos. Os autores referiram-se somente à recuperação de vestígios em corpos enterrados, relacionando os processos e estágios da decomposição no solo.

Em 2003 surgiu a primeira revista destinada à tafonomia: *Journal of Taphonomy*, mantida pela “Paleontological Network Foundation”, na qual algumas publicações tratam da forma de recuperação dos restos por métodos paleontológicos e outras tratam das questões atuais da tafonomia, como a desarticulação de vertebrados pequenos, gerando informações da tafonomia experimental e da atividade de decompositores nas carcaças (e.g. BRAND *et al.* 2003).

LIEVERSE *et al.* (2006), a partir do maior entendimento e utilização dos conceitos contemporâneos de tafonomia, unindo métodos arqueológicos e antropológicos, recuperaram restos humanos em cemitérios legalizados, incluindo o estudo dos

processos que afetam os restos humanos, para definir a articulação como uma condição do esqueleto modificada por diversas práticas culturais e outros agentes.

MORTON & LORD (2006) na cidade de Virgínia, USA, com apoio do FBI no “National Center for the Analysis of Violent Crime”, instalaram experimentos com tafonomia, utilizando modelos do tamanho de crianças, para entender as várias formas de morte ocorridas no país. Fizeram uso de câmeras para registrar imagens diurnas e noturnas dos animais participantes do processo. Os autores mapeiam os ossos, identificam as espécies de vertebrados que podem influenciar na cena de crime e obtêm um grande número de informações sobre os artefatos tafonômicos.

CARTER *et al.* (2007) descreveram o solo e suas peculiaridades após um processo de decomposição e a quantidade de nutrientes gerados. Esclareceram como o solo se comporta após esse aporte de nutrientes, que é um cadáver em decomposição. Caracterizaram também a ilha de decomposição e o que ocorre com a vegetação após esse processo. Os autores iniciaram um entendimento da ecologia da decomposição.

MORTON & LORD (2006) e, um ano depois, CARTER *et al.* (2007) iniciaram em locais diferentes da América do Norte, um ciclo de estudos sobre as formas da morte. Outros autores assim como aqueles, estudaram a influência da atividade de vertebrados na desarticulação de partes corporais, bem como CALCE & ROGERS (2007), KLIPPEL & SYNSTELIEN (2007), KJORLIEN *et al.* (2009), REEVES 2009, O`BRIEN *et al.* (2010).

TIBBETT & CARTER (2008) em sua obra “Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of buried Human Remains”, reuniram especialistas com o propósito de fornecer uma sólida fundamentação para os cientistas forenses, que tenham o objetivo de usar os processos de decomposição cadavérica no solo, para resolver crimes.

URURAHY-RODRIGUES *et al.* (2008) fizeram a primeira referência brasileira aos artefatos tafonômicos gerados por invertebrados como um fator importante para a interpretação de uma cena de crime. Nesse trabalho, coleópteros giram em 180° uma carcaça de porco do tamanho de um humano adulto, em apenas 72 horas de decomposição.

MALGOSA *et al.* (2010), em um trabalho relevante em Antropologia Forense, reconstruíram uma cova em massa da guerra civil espanhola e, com os conhecimentos tafonômicos, remontaram o passado de desaparecidos da guerra, realizaram o reconhecimento por DNA, elencaram as características da morte, usando tecnologias para visualização como a fotografia ortogeoreferenciada. Remontaram, através dos artefatos encontrados, a forma da morte e enterramento. Nesse trabalho, os autores refazem a trajetória dos projéteis que atingiram o corpo, lesões compatíveis com um contexto de batalha.

Em 2012, RIPLEY *et al.* referiram-se à tafonomia nas ciências forenses, descreveram o comportamento alimentar incomum de um felino em cadáver humano, destacaram as marcas deixadas no corpo, a forma de encobrir o cadáver e a modificação do local da decomposição.

1.3. O Cadáver: recurso efêmero nas ciências forenses

O conceito, discutido e aceito pela maioria dos ecólogos, trata do termo comunidades como um conjunto de espécies que ocorrem juntas no mesmo local, podendo interagir fortemente como consumidores de recursos ou como competidores. Afirma-se também que uma comunidade tem suas fronteiras reconhecíveis e cujo funcionamento está regulado pela interação entre as espécies e suas atividades locais ocorrem em períodos de tempo diferenciados, sucessivos (RICKLEFS 2010).

A sucessão em ecologia é um dos conceitos mais importantes, entretanto, uma definição exata na área da ciência é difícil de ser obtida, pois vários fenômenos podem ser classificados segundo esse termo (BEGON *et al.* 2006; RICKLEFS 2010). Entre outros, um conceito bem aceito é que a sucessão deriva da sequência de mudanças iniciada por uma perturbação, pela criação de um novo habitat, de um novo recurso (RICKLEFS 2010) e que os estágios sucessionais, na verdade, produzem limites discretos que levavam a um clímax localizado (CONNEL & SLATYER 1977; MOURA *et al.* 2005a; RICKLEFS 2010).

Nas ciências forenses, a perturbação e o novo habitat é o cadáver, o animal em decomposição considerado o recurso efêmero. Esse recurso será colonizado por tantas espécies quanto ele permitir, desencadeando um processo de sucessão heterotrófica (CATTS & GOFF 1992). Pela sua importância nas questões medicolegais, têm-se estudado a dinâmica das comunidades efêmeras, pois o cadáver representa um recurso para colonizadores locais (MOURA *et al.* 2005a) entretanto, a comunidade de necrófagos varia sazonalmente, afetando sua abundância e riqueza (LANE 1975; MOURA *et al.* 1997; ARCHER 2004; MISE *et al.* 2007).

A comunidade estudada nas ciências forense é em especial de insetos necrófagos da ordem Diptera e Coleoptera. Esses insetos são atraídos para o cadáver através dos odores oriundos do processo de decomposição. Ocorre a oviposição/larviposição e as larvas se desenvolvem num ambiente onde as interações ocorrem de maneira discreta, competindo ou adaptando-se ao recurso limitado (FINN 2001; MOURA *et al.* 2005b).

Para o estabelecimento de comunidades necrófagas, a decomposição - retorno da matéria orgânica morta ao ecossistema - passa por etapas que antecedem a atividade de artrópodes. Ela se inicia pela ação de fungos e bactérias já presentes no cadáver e, posteriormente, fornece um habitat temporário a uma grande variedade de artrópodes (WELLS & GREENBERG 1992; MOURA 2004; SOUZA *et al.* 2008).

A denominação das fases da decomposição pode variar de acordo com o autor, bem como a divisão que pode ser de quatro, cinco ou seis estágios. REED (1958), estudando o processo de decomposição em carcaças de cães, observou quatro estágios (fresco, inchamento, deterioração e seco). BORNEMISSZA (1957) reconheceu cinco fases em carcaças de porcos (decomposição inicial, putrefação, putrefação negra, fermentação butírica e seca). Para PAYNE (1965) existem seis fases de decomposição para porcos (fresco, inchamento, decomposição ativa, decomposição avançada, seca e restos). A duração de cada fase de decomposição pode diferir, mas sua ordem de ocorrência é constante (EARLY & GOFF 1986). O número de estágios e sua duração são altamente dependentes das características climáticas e das variações sazonais (RICHARDS & GOFF 1997). Durante a decomposição de carcaças de porcos do tamanho de um humano adulto, observaram-se cinco estágios de decomposição bem marcados, baseado nas descrições de EARLY & GOFF (1986):

a) **Inicial (fresco)**: inicia-se com a morte do animal, que começa a perder a temperatura corpórea até se igualar à temperatura ambiente. Algumas horas após a morte, ocorre o enrijecimento do corpo, denominado *rigor mortis* ou simplesmente rigidez cadavérica (Figura 2).



Figura 2. Fase inicial da decomposição (27h após a morte) de porco do tamanho de um humano adulto durante experimento iniciado em setembro de 2010.

b) Gasoso: inicia-se com o aparecimento de uma mancha esverdeada na região do baixo ventre, que aumenta e se expande progressivamente para a região torácica do animal. O auge deste estágio se dá no momento em que a carcaça apresenta a “posição de lutador” como um balão inflado, devido ao acúmulo de gases liberados por bactérias participantes da decomposição. Nesse momento pode ocorrer uma projeção de parte do intestino, expondo pequenas quantidades de fezes pela região umbilical. Com a migração de gases para a superfície da pele, ocorre a formação de bolhas e a liberação de líquido, muito comum na região das virilhas e abdômen. Esses exudatos aumentam a atratividade para invertebrados. A região da cabeça começa a ser degradada pela ação de larvas nos orifícios naturais, locais procurados pelas moscas para reprodução pela facilidade no contato com os tecidos moles (Figura 3).



Figura 3. Porco na fase gasosa (1-2 dias após a morte), durante decomposição realizada no experimento iniciado em setembro de 2010.

c) Deterioração: caracteriza-se pelo rompimento dos tecidos e pela perda progressiva de biomassa, devido à atividade das larvas de moscas e pelo fato das partes moles

começarem a se liquefazer (fase coliquativa). Nesse estágio a atividade de imaturos é intensa e ocorre a formação de uma gordura proveniente da hidrólise do tecido adiposo em presença de alta umidade local (Figura 4).



Figura 4. Porco na fase de deterioração (5-8 dias após a morte), durante decomposição realizada no experimento iniciado em setembro de 2010.

d) Decomposição ativa: a carcaça já muito consumida pelos invertebrados sofre ligeira evaporação tegumentar e a pele começa a adquirir um aspecto enrugado. Nessa fase pode ser iniciado o processo de mumificação. É o momento em que a atividade de larvas de mosca tende a diminuir enquanto as larvas e adultos de besouros ficam mais frequentes (Figura 5).



Figura 5. Porco na fase de decomposição ativa (20-25 dias após a morte), durante experimento iniciado em setembro de 2010.

e) **Restos:** é o resultado de toda atividade decompositora. Não permanecem apenas ossos, mas também pele e pequenas quantidades de tecido liquefeito em poucas porções do corpo. A mumificação pode ocorrer, mas mostra-se dependente da temperatura e da umidade, assim como a saponificação (Figura 6).



Figura 6. Porco na fase de restos (52-69 dias após a morte), durante decomposição em experimento iniciado em setembro de 2010.

A grande diversidade de larvas de moscas numa carcaça pode ser explicada em estudos sobre decomposição de matéria orgânico animal. Por esses estudos conclui-se que as várias espécies necrófagas de moscas não tratam de forma homogênea a carcaça como um recurso, mas convivem e se mostram aparentemente capazes de se especializar em diferentes aspectos do recurso alimentar (DENNO & COTHRAN 1975).

As principais classificações desses insetos que são encontrados em cadáveres AMENDT *et al.* (2004) citando SMITH (1986) categorizaram ecologicamente esta comunidade decompositora identificando-as em:

a) Espécies necrófagas: que se alimentam na carcaça;

b) Predadores e parasitas de espécies necrófagas: que se alimentam de insetos e artrópodes. Esse grupo compreende indivíduos que inicialmente se alimentam da carcaça e podem preda larvas em estágios avançados;

c) Animais onívoros como vespas, formigas e alguns besouros que se alimentam do cadáver e de seus colonizadores;

d) Outras espécies/acidentais como colembolos e aranhas que usam o corpo como uma extensão de seu ambiente.

Para a entomologia forense os dois primeiros grupos são os de maior importância (OLIVEIRA-COSTA 2007).

2. OBJETIVOS

Investigar a influência da ação de insetos e vertebrados na dispersão e decomposição de partes corporais;

Descrever as modificações no cadáver, envolvendo a desarticulação, a dispersão e o espalhamento de partes corporais;

Identificar a fauna de animais necrófagos associada às carcaças disponibilizadas na superfície do solo;

Aplicar a técnica de “GPR” ou Georadar para detecção de covas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos Experimentos

Os experimentos foram realizados na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), em Brasília, Distrito Federal (DF) (15°56'18,52"S; 47°54'59,02"O) que integra a Área de Proteção Ambiental – APA das Bacias do Gama e Cabeça de Veado (Figura 7). Foi utilizada uma área de Cerrado *sensu stricto* destinada apenas para a Entomologia Forense, distante aproximadamente três quilômetros da sede da fazenda, próxima 500 m de uma área de pastagens.

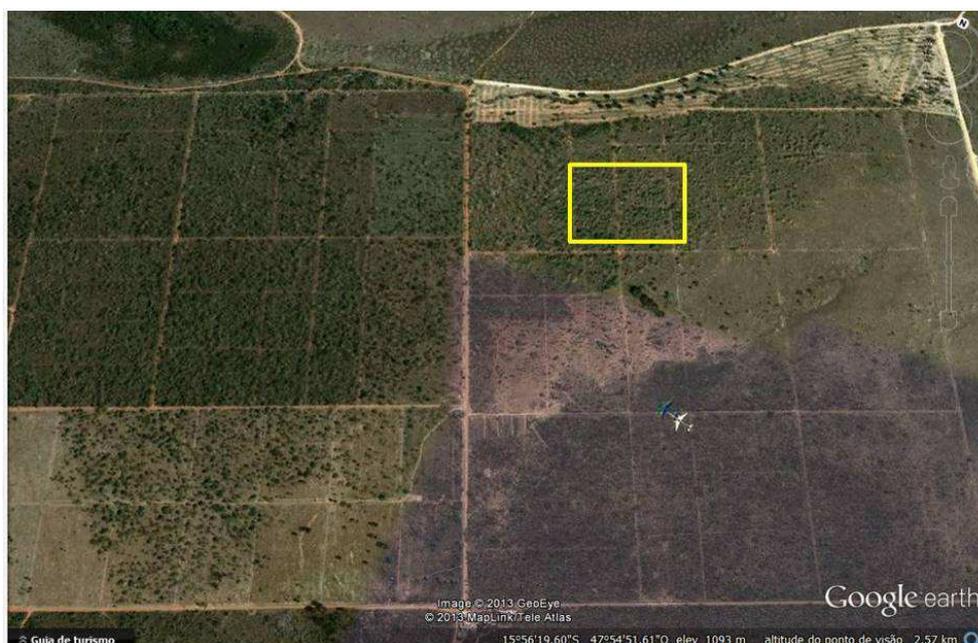


Figura 7: Imagem aérea da Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), com destaque para a área de Cerrado destinada à experimentação em Entomologia Forense. Fonte: <https://maps.google.com/maps> download em 09/01/2013.

3.2. Modelos

Foram utilizados nove porcos domésticos (*Sus scrofa* L.) adultos pesando entre 50 e 60 Kg cada, criados com alimentação baseada em restos de comida humana. Os

animais foram considerados modelo nas investigações de sucessão cadavérica devido à constituição dérmica, à semelhança de tamanho e hábitos alimentares (onívoro) e relação dorso/membros semelhante ao de humanos adultos (CATTS & GOFF, 1992).

Porcos adquiridos na propriedade particular do Senhor Osmar de Oliveira. Criados soltos, destinados ao consumo próprio. Para a compra dos animais utilizou-se recursos pessoais e da FAL. Os animais foram mortos com tiro de arma de fogo calibre 22, na região frontal da cabeça, em condição de morte violenta. A arma foi manuseada por Policial Civil do Distrito Federal e o experimento (foi) realizado com a aprovação do Comitê de Ética para Uso de Animais da Universidade de Brasília (CEUA/UnB, nº 109.390/2009).

3.3. Sítios de Decomposição

Estudo realizado em dois sítios de decomposição: **Em Superfície e Enterrados em Covas Rasas.**

3.3.1. Em superfície (Figura 8, local A): três porcos colocados em contato direto com o solo sem vegetação em uma arena de 4 m². Este procedimento foi adotado visando o acompanhamento das fases de decomposição e observação da movimentação dos ossos e atividade de vertebrados e invertebrados relacionados ao processo de decomposição.

Os experimentos foram desenvolvidos em momentos distintos. Utilizou-se um porco em cada um deles: o primeiro, iniciado no dia 12 de março de 2010, durante o período chuvoso. O segundo, no dia 26 de setembro do mesmo ano. O terceiro e último porco foi exposto ao ambiente no dia 27 de agosto de 2011, não havendo relação de sazonalidade na experimentação.

3.3.1.1. Observação de vertebrados

A fim de registrar a fauna de vertebrados que acessa a carcaça, foi empregada uma câmera com sensor infravermelho (câmera *trap*), amarrada em uma árvore a uma altura aproximada de 40 cm do solo e de 70 cm da carcaça (Figura 8A). A câmera foi programada para permanecer ativa 24 horas por dia com um intervalo de 5 a 10 minutos entre as fotos consecutivas (NEGRÕES *et al.* 2012). O funcionamento da bateria foi observado em todas as visitas ao local.

Os dados fotográficos foram comparados com anotações do caderno de campo a respeito da movimentação de partes corporais, dos insetos coletados e observados no local, bem como dos estágios da decomposição.

As estratégias de forrageio das aves necrófagas seguiram a classificação proposta por HOUSTON (1986), HERTEL (1995) E SICK (1997): **limpadoras** - aves com bicos capazes de esticar e quebrar tecidos, para consumir partes moles; **despedaçadoras** - aves com bicos curvos e fortes, que lhes confere a capacidade de abrir partes mais rígidas para acessar o alimento.

As aves fotografadas foram comparadas com os registros da Coleção de Ornitologia Marcelo Bagno da Universidade de Brasília, enquanto os mamíferos, identificados segundo REIS *et al.* (2006).

3.3.1.2 Coleta de Insetos

Os Dípteros adultos foram coletados com auxílio de rede entomológica, durante 10 minutos. A coleta de adultos de Coleópteros foi feita através de armadilhas de solo

(*pitfall*) (Figura 8B), que consistem em fundos de garrafas pet com aproximadamente 20 cm de altura e enterradas ao nível do solo, contendo água e algumas gotas de detergente. No dia de início do experimento, as quatro armadilhas foram colocadas ao redor da carcaça (~1 m). A coleta foi realizada diariamente durante 15 dias e posteriormente de três em três dias.

Os insetos coletados foram levados para o Núcleo de Entomologia Forense do Instituto de Ciências Biológicas da UnB, onde foram triados e identificados com auxílio das chaves dicotômicas de CARVALHO & MELLO-PATIU (2008) E ALMEIDA & MISE (2009). Todos os insetos foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da UnB.

3.3.1.3. Mapas de Espalhamento dos Ossos

Durante o processo de decomposição foram monitoradas as movimentações das partes ósseas, observando a desarticulação e a dispersão das mesmas. A distância entre o osso e a sua posição original na carcaça foi mensurada em campo com o auxílio de uma trena.

Para a completa recuperação dos ossos, após esqueletização total, o quadrante de solo em que ocorreu a decomposição foi peneirado para recuperação de partes ósseas. Posteriormente, levados para o Núcleo de Entomologia Forense e montados para contagem dos possíveis elementos faltantes.

Geraram-se mapas de dispersão dos ossos, seguindo o modelo proposto por MORTON & LORD (2006).



Figura 8. Disposição em campo dos equipamentos utilizados para observação de vertebrados e coleta de insetos: (A) Monitoramento fotográfico por câmera (*trap*) e (B) Armadilha de solo (*pitfall*).

3.3.2. Enterrados em Covas Rasas (Figura 9, locais B, C e D): seis porcos foram enterrados em covas rasas de 120 cm de largura cada, sendo três deles em profundidade de 60 cm durante experimento realizado em março de 2010. Os demais porcos foram enterrados em uma profundidade de 80 cm, em experimento iniciado em setembro de 2011. A variação nas profundidades das covas não modifica a classificação destas como covas rasas, uma vez que possuem menos de 2 metros de profundidade (TIBBETT & CARTER, 2008). As exumações foram realizadas em 90, 180 e 365 dias após o enterramento das carcaças, conforme descrito no item 2.3.2.1.

Os porcos exumados com 90 dias de decomposição foram enterrados por meio do método “Rizotron” que segundo GLINSKI *et al.*(1993) é um método não-destrutivo de

monitoramento e quantificação do crescimento radicular de plantas, consistindo na observação de raízes através de vidros instalados em buracos a uma profundidade de aproximadamente 2 m ao lado da raiz que se deseja observar.

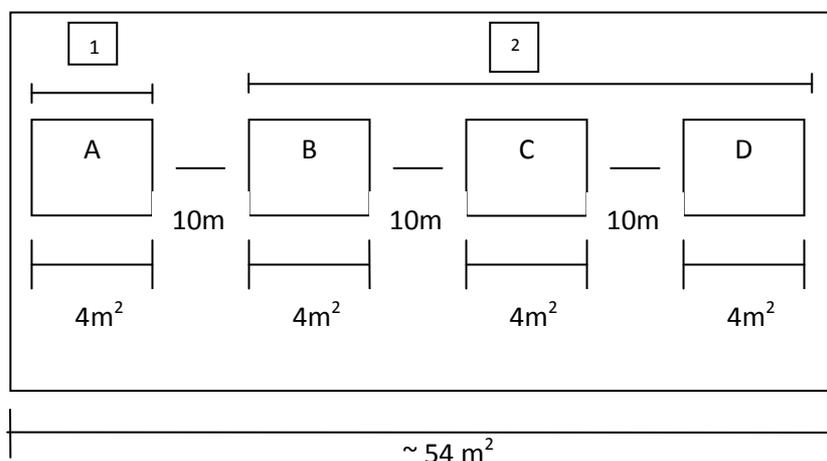


Figura 9. Mapa esquemático dos sites de trabalho e localização das carcaças: 1-Decomposição em superfície; 2-Sítios de enterramentos; B: Cova rasa 90 dias com Rizotron (Adaptado de Glinski *et al.* 1993); C: Cova rasa 180 dias; D: Cova rasa 365 dias.

Esse método foi adaptado para observações das carcaças enterradas, que foram dispostas com a região ventral próxima ao vidro (Figura 10A), para que possíveis alterações no solo oriundas da autólise dos tecidos pudessem ser registradas. O local de observação, indicado na Figura 10B possuía profundidade semelhante à do vidro (130 cm), para que o pesquisador pudesse observar as características do solo e do ambiente que circunda à carcaça.

As modificações, que ocorreram nos tecidos das carcaças durante o processo de decomposição, foram classificadas segundo o proposto por FIEDLER & GRAW (2003), FORBES ET AL. (2005A, 2005B) E FRANÇA (2011): (a) **saponificação ou adipocere** (*Adipo*= gordura, *cere*= cera) - caracterizada pela hidrólise e hidrogenação de tecidos adiposos. É uma modificação tardia no processo de decomposição que ocorre em

ambientes com média de temperatura mais elevada, úmido e em anaerobiose, podendo levar à preservação dos tecidos durante décadas; e (b) **mumificação** - resultado da desidratação de tecidos que ocorre no corpo todo ou em partes mais expostas a um ambiente seco e quente, podendo ser preservados junto aos ossos por anos.



Figura 10. Fotografia do método Rizotron adaptado para carcaças enterradas: (A) modelo colocado com a região ventral voltada para o vidro; (B) cova após o enterramento e visualização do local para observação das alterações no solo decorrentes da autólise dos tecidos com 130 cm.

3.3.2.1. Exumações

Os porcos enterrados foram exumados em diferentes datas após seu enterro: dois porcos após 90 dias, enquanto que outros dois, após 180 dias de enterramento. Os últimos dois porcos foram desenterrados 365 dias após o início do experimento.

Esses períodos foram estabelecidos para observação das diferenças nas fases de decomposição de animais enterrados num intervalo recente (até um ano), relacionadas

às variáveis abióticas do período em que permaneceram enterradas e aos insetos (imaturos e adultos) coletados durante as exumações.



Figura 11. Montagem dos equipamentos de trabalho para realizar a exumação: pás, enxada, pincéis, peneiras, potes biológicos, pinças, baldes e talhadeira.



Figura 12. (A) atividade de catação de ossos, insetos e pupários e (B) peneiras com diferentes granulometrias.

As exumações foram realizadas com auxílio de pás, enxadas, baldes, pincéis de várias espessuras de pelo, martelo estratigráfico, potes biológicos, “colher de pedreiro” e peneiras (Figuras 11).

A terra da cova rasa foi peneirada através de um jogo de peneiras de diferentes granulometrias (Figura 12B). A peneiração ocorreu em camadas de aproximadamente

10 cm como o método citado por TURNER & WILTSHIRE (1999), para evitar perda de ossos, para recuperar pupários e insetos presentes em cada camada.

3.3.2.2. Escaneamento de solo

O georadar ou GPR é o método geofísico não-intrusivo que emprega ondas eletromagnéticas nas frequências entre 10 e 2000 MHz, para localizar estruturas e feições geológicas rasas, sendo um método não intrusivo e de fácil aplicação (DAVIS & ANNAN 1989). Mudanças nas propriedades eletromagnéticas do meio fazem com que o sinal transmitido seja refletido, refratado ou ainda difratado. A prospecção de profundidade é determinada por meio da condutividade elétrica e do teor de água do solo ou rocha, bem como da potência de saída do transmissor. O sinal refletido é detectado por um receptor, que registra os tempos de chegada, da ordem de nanosegundos, em uma escala vertical para diferentes pontos do perfil (Figura 15). Esse registro vertical que associa tempo e amplitude é chamado de traço. Uma sequência desses traços é denominada radagrama (VAN DAM 2001). Esse equipamento é utilizado em trabalhos forenses desde 1990 (NOBES 2000, RUFFELL 2005, SCHULTZ 2007) para mapear locais onde existem distúrbios na estratigrafia ocasionados por covas clandestinas recuperadas de eventos armados (BEVAN 1991, HAMMON III ET AL. 2000, RUFFELL 2005) e vítimas de homicídios (SCHULTZ 2007).

Em parceria com a Polícia Federal e com o professor Dr. Welitom Rodrigues Borges do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, foi utilizado o georadar ou GPR (*Ground Penetrating Radar*) para escanear os sítios onde foram enterradas as carcaças. Na aquisição de dados de GPR foi utilizado o equipamento SIR-3000 (fabricado pela empresa Geophysical Survey Systems® – GSSI, e de propriedade do Instituto Nacional de Criminalística - INC/DITEC, Departamento de Polícia Federal)

acoplado alternadamente a antenas blindadas com frequências centrais de 400 MHz com acoplagem para roda com hodômetro. A janela temporal utilizada foi de 70 ns, o que permitiu a investigação de profundidade de até 3 m. Os dados foram processados na Polícia Federal por meio do software ReflexW®, versão 5.0.

Foram coletados os dados de subsuperfície – dados geológicos de perfurações investigativas onde estão presentes os registros fósseis – de três sítios com o intuito de verificar a existência do distúrbio e gerar imagens, dados de profundidade e modificações do solo para a identificação dessas covas. Os dados de profundidade dos distúrbios obtidos a partir do escaneamento foram comparados com a profundidade encontrada na exumação e as características do solo. Foram registradas as frequências utilizadas para obtenção dos dados, bem como foram analisadas as curvas de reflexão dos distúrbios e os dados de reflexão segundo a posição da carcaça ao longo de uma linha em direção leste/oeste.

Os levantamentos foram realizados em datas distintas. Na cova rasa do experimento realizado em março de 2010, o levantamento ocorreu em agosto do mesmo ano, enquanto que os dois realizados nas covas do experimento iniciado em setembro de 2010 ocorreram em novembro do mesmo ano.

2.4. Temperatura, Umidade e Pluviosidade

Os dados diários de temperatura, umidade e pluviosidade locais foram obtidos junto ao Laboratório de Agroclimatologia da Fazenda Água Limpa da UnB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Em superfície

4.1.1 Vertebrados necrófagos associados às carcaças

Os três experimentos foram acompanhados durante diferentes períodos: o processo de decomposição do primeiro porco durou 89 dias (Iniciado em março de 2010), ao passo que o período entre a morte e a esqueletização do segundo animal foi de 63 dias (Iniciado em setembro de 2010). O terceiro e último porco foi observado durante apenas 13 dias, uma vez que um incêndio destruiu a área experimental (Iniciado em agosto de 2011). Um total de 831 fotos foram tiradas pela armadilha fotográfica e seis espécies de vertebrados presentes no registro (quatro aves e dois mamíferos) (Tabela 1). A decomposição de todos os porcos seguiu as cinco fases de decomposição: inicial, gasosa, deterioração, decomposição ativa e restos (EARLY & GOFF 1986) (Tabela 2).

Tabela 1. Espécies de vertebrados fotografadas pela armadilha fotográfica acessando as carcaças de *Sus scrofa* L. no Distrito Federal.

Classe	Família	Espécie
Aves	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1973)
		<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus 1758)
		<i>Sarcoramphus papa</i> (Linnaeus, 1758)
	Falconidae	<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)
Mammalia	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> (Lund, 1840)

Entre os urubus, o *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta) (Figura 13) foi o animal com maior número de registros (49). Os integrantes da Família Cathartidae, foram os mais eficientes na remoção de tecidos e movimentação de partes do corpo

(RUXTON & HOUSTON 2004), fazendo-se presentes em todos os estágios de decomposição (Tabela 2).

Tabela 2: Relação entre a espécie de vertebrado e a fase de decomposição de carcaças de *Sus scrofa* L. em que a mesma foi fotografada.

Espécie	Fases de decomposição				
	I	II	III	IV	V
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	■	■	■	■	■
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)		■	■		
<i>Sarcoramphus papa</i> (Linnaeus, 1758)			■		
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)		■	■	■	■
<i>Didelphis albiventris</i> (Linnaeus, 1758)			■		
<i>Leopardus pardalis</i> (Lund, 1840)		■			

I: fase inicial; II: fase gasoso; III: fase de deterioração; IV: fase de decomposição ativa; V: fase de restos.

O urubu-rei (Figura 15), raramente registrado na área experimental em questão, foi observado alimentando-se da carcaça na fase de deterioração (Tabela 2) durante o terceiro experimento, iniciado em Agosto de 2011. A presença do carcará (Figura 16) foi registrada em todas as fases com exceção da inicial (Tabela 2), em 80% dos registros. A espécie foi fotografada junto com o urubu-da-cabeça-preta (Figura 20).

A jaguatirica, *Leopardus pardalis* (Lund, 1840) (Figura 17), foi registrada somente no quinto dia de decomposição do experimento iniciado em agosto de 2011, sendo o animal provavelmente responsável pela movimentação da carcaça em 90° em relação à sua posição original (Figura 18). Pode-se ainda destacar a presença do saruê *Didelphis albiventris* (Linnaeus, 1758), provavelmente alimentando-se de besouros no solo nas proximidades da carcaça (Figura 19).

4.1.1.1. Ação das aves limpadoras

Durante os experimentos, constatou-se que os urubus foram os únicos vertebrados que possuem uma dieta basicamente composta por carcaças. São considerados uma das aves limpadoras mais versáteis (RUXTON & HOUSTON 2004). No

Brasil, são representados por seis espécies: *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *Cathartes burrovianus* (Cassin, 1845), *Cathartes melambrotus* (Wetmore, 1964), e *S. papa* (RUXTON & HOUSTON 2004). Estas aves são geralmente os primeiros vertebrados a acessarem as vértebras de um corpo (DEVVAULT *et al.* 2004; KJORLIEN *et al.* 2009; O'BRIEN *et al.* 2010), e podem alimentar-se de carne em estado avançado de putrefação; todavia, preferem carne com 1–2 dias de decomposição (HOUSTON 1986; REEVES 2009).

Os urubus ocupam, de maneira muito dominante, o nicho ecológico de limpadores de carniça (SPRADLEY *et al.* 2012). Este fenômeno é devido principalmente a diversas características morfológicas, como excelente visão e olfato, grande envergadura e redução na quantidade de penas ao redor da cabeça (DEVVAULT *et al.* 2004; REEVES 2009; SPRADLEY *et al.* 2012).

O urubu-rei foi classificado como despedaçador e exibe a mais alta hierarquia no poder de explorar a carcaça de maneira solitária, abrindo fendas nas partes mais rígidas, sendo que este comportamento permite o consumo do recurso restante por outras aves (HERTEL 1995; SICK 1997). Seu bico curvo e forte lhe confere a capacidade de abrir grandes buracos na carne e devorar uma carcaça inteira de forma bastante voraz (RUXTON & HOUSTON 2004; SOUTO 2008).

O carcará é uma espécie de Falconiformes que possui uma dieta bastante variada. É conhecido por seus hábitos onívoros e diversas estratégias de forrageio (SAZIMA 2007). Geralmente procura por alimento no chão, onde passa a maior parte do tempo, consumindo restos de comida em casas e lixo. Muitas vezes é observado roubando alimentos em acampamentos (VARGAS *et al.* 2007). A vocalização é uma peculiaridade dos falcões, que emitem um grito de alerta (SICK 1997). A falta desse comportamento

em urubus é provavelmente a razão pela qual estas duas espécies (carcarás e urubus) são observadas juntas sem que haja competição, resultando em uma forma de proteção para os urubus (Figura 20). Esta interação já foi descrita na literatura (SOUTO 2008). O carcará não está limitado ao consumo da carcaça, mas também consome os restos ao redor da mesma e, possivelmente, as larvas de besouros e moscas que se movem para longe da carcaça, sendo esta outra estratégia de forrageio (observações pessoais do autor).

Após a intensa atividade de *C. atratus* nas carcaças, ossos grandes como o fêmur e a escápula foram levados para cerca de seis metros de distância do local onde os porcos se encontravam. A desarticulação e transporte de restos de tecidos e partes esqueletizadas é um fenômeno bastante conhecido para as aves necrófagas, especialmente para os urubus (REEVES 2009; SPRADLEY *et al.* 2012). HAMILTON & SPRADLEY (2011) descreveram o emprego de urubus no consumo de corpos humanos em rituais religiosos de monges indianos, reforçando o fato de que essas aves apresentam um comportamento social dependente da presença de alimento constante.

Urubus são frequentemente associados ao uso de carcaças como fonte de alimento e estão normalmente relacionados à presença de lixo, comportamento que acarreta riscos para a saúde humana e de outros animais (CAVALCANTE & FRANCO 2007). Além deles, outros animais limpadores também são vinculados à morte, uma vez que seus hábitos alimentares podem resultar na movimentação de ossos e ocultação de cadáveres (HAGLUND & SORG 1997; MORTON & LORD 2006; REEVES 2009; KLIPPEL & SYNSTELIEN 2007; SPRADLEY *et al.* 2012).

No presente estudo, verificou-se o aumento da riqueza de aves limpadoras no ambiente, possivelmente devido a uma maior frequência na disponibilidade deste recurso num curto período de tempo (dois anos).

A atividade de aves necrófagas e outros animais na movimentação de restos de porcos foram descrita por MORTON & LORD (2006) e REEVES (2009) nos Estados Unidos da América. No Centro de Pesquisa em Antropologia Forense (*Forensic Anthropology Research Facility - FARF*), no mesmo país, SPRADLEY *et al.* (2012) estudaram a ação de urubus nos restos de um corpo humano e observaram que as aves são capazes de reduzir a biomassa de um cadáver fresco a ossos em cerca de cinco horas. A ação destes animais pode alterar a taxa de decomposição e os acontecimentos pós-morte, bem como a estimativa do intervalo pós-morte (IPM) (SPRADLEY *et al.* 2012).

No Brasil, o único estudo tafonômico a respeito da ação de animais necrófagos foi publicado por URURAHY-RODRIGUES *et al.* (2008), evidenciando a movimentação de carcaça de suínos por besouros na Floresta Amazônica. Nenhuma pesquisa sobre os vertebrados que acessam qualquer tipo de carcaça foi realizada no País. No presente trabalho relatamos as atividades de várias espécies de vertebrados em carcaças de *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) com peso aproximado de um ser humano adulto, através de armadilhas fotográficas em uma localidade no Cerrado próximo a Brasília.

4.1.1.2. Ação de felinos limpadores

Grandes felinos não são comumente encontrados alimentando-se de cadáveres; embora este não seja um comportamento corriqueiro, RIPPLEY *et al.* (2012) observaram lince *Lynx rufus* (Schreber, 1777) alimentando-se de cadáveres humanos.

A jaguatirica apresenta hábito solitário e terrestre, predominantemente noturno e se alimenta de pequenos vertebrados (DIBITETTI *et al.* 2006). Seja por oportunismo ou escassez de alimentos, alguns predadores como felinos (RIPPLEY *et al.* 2012), roedores, cães e coiotes (HAGLUND, 1997 a, b) podem, ocasionalmente, utilizar carcaças como fonte alimentar, provocando a desarticulação e movimentação das mesmas. Observou-se no presente estudo que *L. pardalis* aproximou-se da carcaça e, possivelmente, causou uma movimentação de cerca de 90° em relação à sua posição original. Este deslocamento resultou na melhor visualização da ilha de decomposição, originada pelo corpo no momento da necrólise dos tecidos, tal como relatado por CARTER *et al.* (2007), o que facilitou a observação da modificação no solo. Alterações no local de deposição e movimentação de carcaças de 60 Kg feitos por besouros necrófagos também foram observados por URURAHY-RODRIGUES *et al.* (2008) no Estado do Amazonas, Brasil.

A ação das espécies limpadoras, bem como suas consequências, deve ser levada em consideração durante investigações criminais, uma vez que sua atividade pode alterar a cena do crime e levar a uma estimativa errônea do IPM. Assim, estudos posteriores sobre os padrões de decomposição de espécies e de estratégias de forrageio de vertebrados limpadores, fazem-se necessários, para a visualização da compreensão do processo de decomposição como um todo.



Figura 13. *Coragyps atratus* fotografado pela armadilha fotográfica diretamente na carcaça, evidenciando a atividade de movimentação de partes do corpo.



Figura 14. *Cathartes aura* acessando a carcaça do terceiro experimento.



Figura 15. *Sarcoramphus papa* acessando a carcaça do terceiro experimento.



Figura 16. *Caracara plancus* acessando a carcaça durante o estágio gasoso no terceiro experimento.



Figura 17. *Leopardus pardalis* fotografada pela armadilha fotográfica acessando a carcaça com quatro dias de decomposição.



Figura 18. *Leopardus pardalis* acessando a carcaça e provavelmente movimentando-a em 90° em relação à posição original: (A) 31/08/2011 à noite; (B) 01/09/2011 carcaça movimentada. A seta indica a referência à posição da carcaça em relação à árvore.



Figura 19. *Didelphis albiventris* fotografado pela armadilha fotográfica provavelmente se alimentando de coleópteros na armadilha de solo próxima à carcaça.



Figura 20. *Coragyps atratus* e *Caracara plancus* interagindo no sítio de decomposição.

4.1.2. Estudo do Espalhamento de Ossos

Sob a ótica da tafonomia, o espalhamento de ossos envolve a desarticulação de partes do corpo, bem como a movimentação das mesmas para longe da ilha de decomposição. Este processo pode ser decorrente da ação do ambiente (e.g. chuvas intensas, ventos, erosão do solo próximo), de animais que utilizam a carcaça como fonte alimentar ou, eventualmente, por ser um recurso alimentar disponível, em se tratando de animais que não costumam utilizar carcaças para se alimentar.

MORTON & LORD (2006) na Virginia, USA, acompanharam a decomposição de carcaças de porcos e mapearam modificações ocorridas no cadáver como o espalhamento de partes do corpo dos animais, que acessaram a carcaça e ocasionaram os artefatos. REEVES (2009) também observou as formas do espalhamento de ossos em carcaças de porcos. A observação deste fenômeno e sua aplicação em restos humanos no contexto forense foram relatadas por HAGLUND & SORG (1997), HAGLUND (1997 a, b, c) e por BERRYMAN (2002). Estes autores traçaram as distâncias do deslocamento, observando o espalhamento de partes e as marcas deixadas no tecido e nos ossos recuperados do cadáver. No Brasil as observações tafonômicas iniciadas com este estudo, permitiram ou buscaram a divulgação do conhecimento do espalhamento de ossos no Cerrado a fim de fornecer as ferramentas aos órgãos de defesa.

Os três experimentos realizados com porcos de aproximadamente 60 Kg em uma área de Cerrado na FAL / UnB foram descritos separadamente para uma visão mais didática das etapas do espalhamento. As modificações observadas foram tratadas como eventos isolados para melhor compreensão dos processos e posterior aplicação desses conhecimentos em uma cena de crime.

Experimento 1 - Março de 2010

O processo de decomposição do primeiro porco foi observado por 89 dias, sendo o espalhamento de partes da carcaça observado a partir do 11º dia, com o afastamento das unhas para 30 cm do animal e o deslocamento vertical total de uma perna traseira (Figura 21). No 14º dia, os ossos desta mesma perna (fêmur, tíbia e fíbula) foram afastados em 10 cm em relação à movimentação ocorrida anteriormente e, no 26º dia, encontravam-se a 90 cm do local original.

No 14º dia, dois ossos das falanges e um metatarso foram deslocados em 3,55 m em relação ao local de decomposição. Distante cerca de 10 cm destes ossos foi encontrada uma perfuração, que provavelmente tratava-se de uma galeria com 3 cm de diâmetro produzida por coleópteros (e.g. *Coprophaneous* sp.).

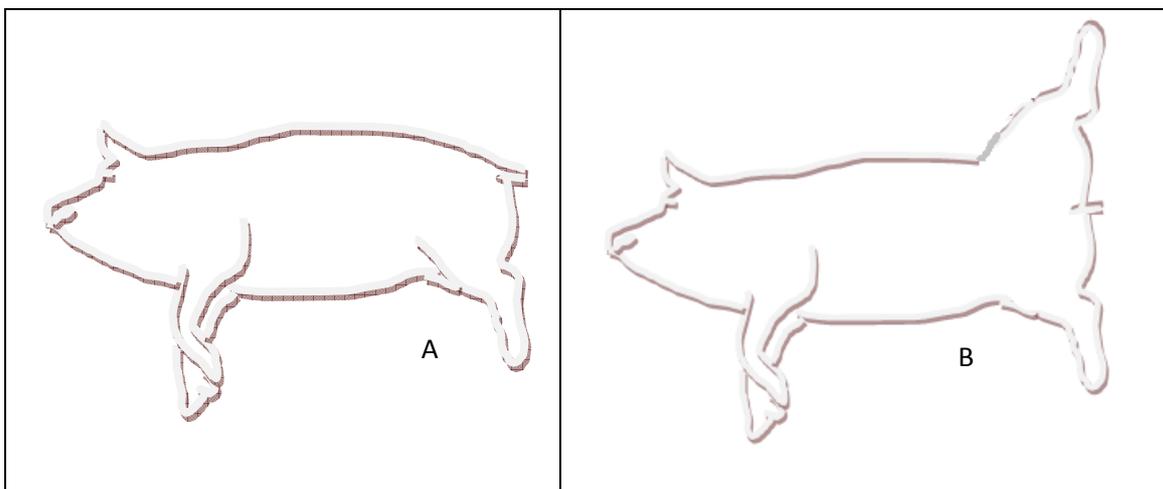


Figura 21. Ilustração do deslocamento vertical da perna traseira no experimento ocorrido no 11º dia de observação (A) Posição inicial, (B) Posição após movimentação.

No 26º dia houve a movimentação dos carpos, metacarpos e rádios para 1,20 m de distância da carcaça. Algumas vértebras costais, como uma lombar, iniciaram a movimentação no 39º dia. Uma vértebra costal foi afastada 40 cm da carcaça, permitindo a visualização das perfurações deixadas por sua retirada (Figura 22 A–B), ao

passo que outra foi deslocada em 1,60 m na mesma direção da anterior. A vértebra lombar foi sutilmente deslocada, permanecendo muito próxima da carcaça (Figura 22A).



Figura 22. Deslocamento das vértebras costal e lombar: A) Carcaça inteira e demarcação do local em que estão as vértebras (B) Destaque das perfurações provocadas pela retirada da vértebra e localização desta.

O fenômeno de saponificação foi observado no 73° dia, com o aparecimento de partes esbranquiçadas próximas aos tecidos mais espessos no dorso da carcaça.

Do 81° ao 89° dia, as movimentações na carcaça ficaram mais evidentes, com destruição dos ossos, deslocamento da cabeça por pisoteamento. Além dos eventos tafonômicos, houve a destruição das armadilhas de solo próximas à carcaça. Os rastros presentes no local e as fotos da armadilha fotográfica revelaram o acesso de bovinos. Os dados do espalhamento de todas as partes da carcaça podem ser observados na Figura 23.

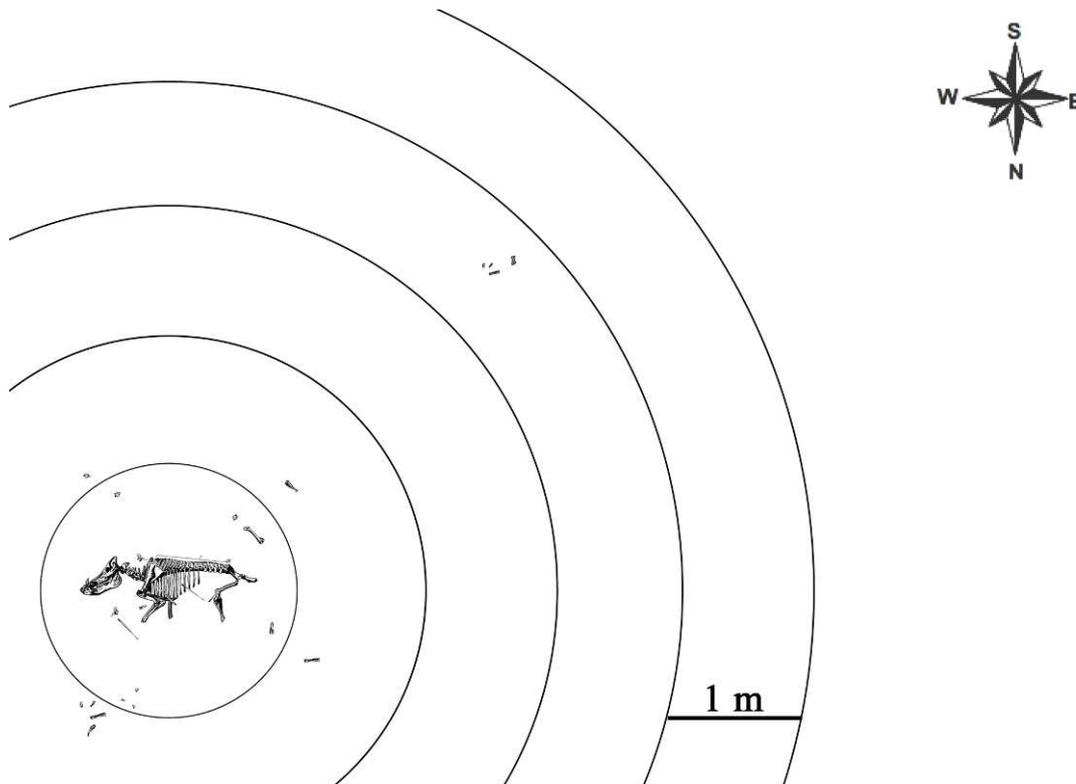


Figura 23. Diagrama do quadrante onde ocorreu espalhamento dos ossos de *Sus scrofa* L. na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB) em experimento iniciado em Março de 2010.

Experimento 2 - Setembro de 2010

A observação do segundo experimento durou 63 dias. O espalhamento dos ossos iniciou-se no quarto dia. Todavia, no segundo dia de observação, os olhos do porco já haviam sido removidos. O deslocamento de quatro unhas das pernas dianteiras deu início ao processo de desarticulação e espalhamento dos ossos, sendo que duas foram deslocadas para próximo da cabeça e as outras duas, para próximo do abdômen.

No 5º dia os tecidos estavam escurecidos e apresentavam consistência bastante amolecida. A pele da região da mandíbula superior foi movimentada de maneira tal que indicava o uso de força para remoção da mesma. No 6º dia foi possível visualizar os ossos da região do cotovelo da perna dianteira, e o rompimento dos tendões destas áreas. A região do cotovelo da perna dianteira não possuía qualquer tipo tecido mole ao

seu redor, mas apresentava uma coloração esbranquiçada. Essa mesma perna, no 9º dia, sofreu uma discreta movimentação que fez com que os ossos do cotovelo ficassem ainda mais evidentes.

A movimentação mais evidente do segundo experimento ocorreu no 20º dia do processo de decomposição, quando a perna traseira girou verticalmente (Figura 24), assim como ocorrido no primeiro experimento. Sete dias após esta movimentação, os ossos maiores (i.e. fêmur, tíbia e fíbula) retornaram à posição original e os ossos menores (i.e. tarsos) foram deslocados 2,6 m a noroeste da carcaça.



Figura 24. Deslocamento da perna traseira de *Sus scrofa* L. ocorrido no 20º dia do segundo experimento na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), onde: A) Posição inicial, com destaque para a perna traseira; B) Posição da perna traseira após a movimentação.

No 34º dia, a pele do animal foi parcialmente removida, restando apenas uma pequena parte na região do abdômen. A remoção resultou na exposição dos tecidos moles e ossos (e.g. costelas e vértebras) e no aumento do diâmetro da ilha de decomposição. Observou-se a movimentação da escápula, uma costela e três vértebras para região próxima ao dorso do animal, sendo que uma das costelas foi deslocada em 1,60 m acima do crânio do mesmo (Figura 25).

No 47º dia, o espalhamento de ossos alcançou uma distância de 5,35 m (Figura 15) na direção noroeste. Na mesma direção foi observado o deslocamento de um fêmur

em 1,70 m e de uma das pelves em 2,60 m. Uma tíbia foi deslocada em 3,40 m a leste em relação aos outros ossos. Esse mesmo padrão de local de espalhamento continuou a ser observado até o 58º dia quando a tíbia, fíbula, calcâneo e algumas vértebras foram encontradas entre 3,30 m e 3,50 m da posição original da carcaça (Figuras 25 e 26).

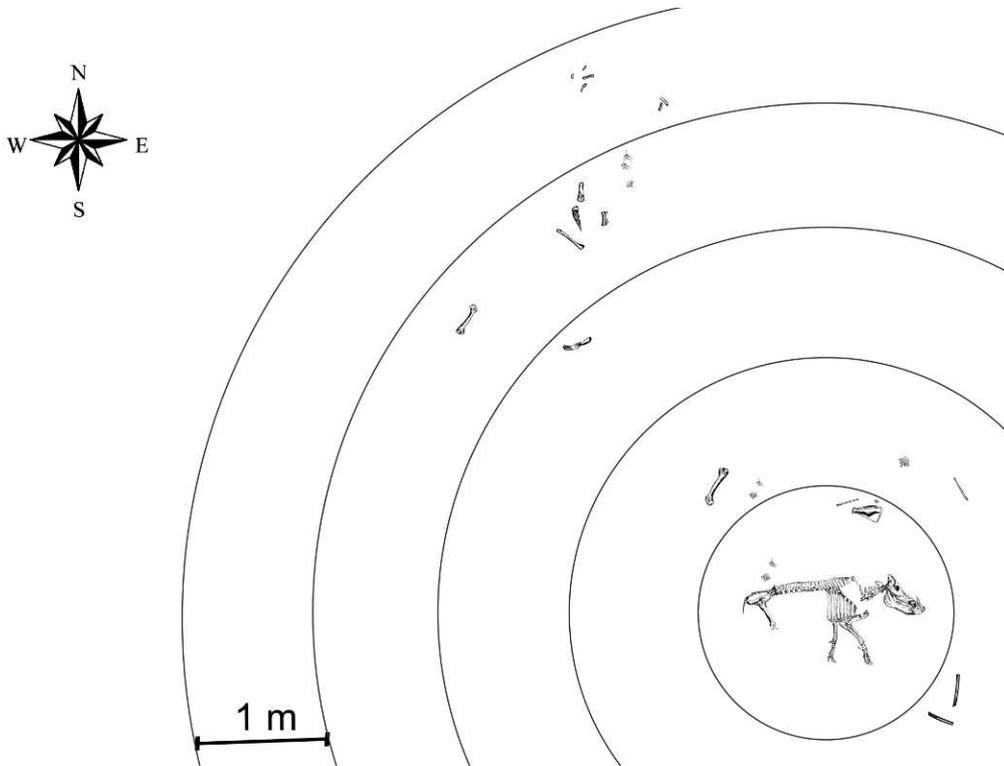


Figura 25. Diagrama do quadrante onde ocorreu espalhamento dos ossos de *Sus scrofa* L. na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB) em experimento iniciado em Setembro de 2010.



Figura 26. Espalhamento de ossos em aproximadamente 6 m a noroeste da ilha de decomposição de *Sus scrofa* L. em experimento iniciado em Setembro de 2010.

A ilha de decomposição formada ao redor desta carcaça foi bastante espessa, com grande quantidade de gordura. Este fenômeno observado pode ter sido consequência do grande peso do animal (cerca de 60 Kg).

Experimento 3 - Agosto de 2011

Eventos diferenciados apareceram no terceiro experimento, iniciado em Agosto de 2011. No quinto dia de decomposição foi registrada uma movimentação da carcaça de 90° em relação à posição original (Figura 18). Neste mesmo dia foi observada a remoção de uma das orelhas do porco. No 13° dia, um incêndio na área ressecou a pele do suíno e matou as larvas de *D. maculatus* que colonizavam a carcaça. Até o momento

do incêndio, apenas duas unhas haviam sido deslocadas para regiões próximas do abdômen.

A utilização da carcaça como recurso alimentar pode gerar alguns artefatos. A atividade de vertebrados e invertebrados pode ocasionar destruição ou espalhamento de partes corporais, alteração ou destruição de indicativos de causa e maneira da morte e criação de artefatos pós-morte (HAGLUND 1997a). A colonização bem sucedida dos invertebrados não limitou a atividade de vertebrados nem a possibilidade de espalhamento, diferente do que afirmam MORTON & LORD (2006).

No presente trabalho, a redução em mais de 20 dias na esqueletização total do segundo experimento (63 dias) em relação ao primeiro (89 dias) pode ter sido ocasionada pelo maior espalhamento de partes ocorridos no segundo experimento (Figura 41), REEVES (2009) relatou a atividade de urubus na carcaça, constatou uma diminuição acentuada no tempo de decomposição e a possibilidade de alteração da estimativa do IPM.

Durante o processo de decomposição foram registrados, através de armadilha fotográfica, vertebrados acessando a carcaça para utilizá-la como recurso alimentar ou apenas visitando-a. Esse acesso foi provavelmente o motivo pelo qual as distâncias do espalhamento chegaram a 5 m de distância. Pelo grande acesso de espalhadores à carcaça, partes como unhas, falanges, ossos pequenos da cauda foram perdidas. Este fenômeno está de acordo com HAGLUND (1997a), que relata que apenas 20 - 39% de partes como falanges e ossos menores são recuperados em caso de atividades de limpadores.

LYMAN (1994) cita que as falanges e metacarpos de grandes mamíferos têm de 89 a 96% de chances de espalhamento e é uma das primeiras partes a serem deslocadas. Também são de rápida desarticulação por serem envolta em um tecido rígido e não extensamente protegido por musculatura. Todavia, esses ossos menores, tanto das pernas dianteiras quanto traseiras, foram os primeiros a serem afastados da carcaça em dois dos três experimentos realizados.

HAGLUND *et al.* (1989) destacam que, em casos criminais onde as vítimas sofreram traumas invasivos como tiros e traumas contusos na cabeça, ocorre o espalhamento acelerado de partes. Isto ocorre por que o corpo se torna mais atrativo às aves carniceiras e os autores enumeram algumas variáveis que podem afetar o espalhamento dos ossos: (a) densidade populacional da área onde está o corpo; (b) local protegido (*indoor*); (c) posição do corpo e (d) causa da morte. Outro fator de extrema importância é o comportamento das espécies limpadoras e o número de acessos desses indivíduos para alimentação. HAYNES (1982) lista ainda outro fator: a presença de certa quantidade de tecido fresco que facilita a alimentação. Duas peculiaridades do segundo experimento podem ter colaborado com o grande espalhamento de partes do corpo em relação ao primeiro: a necessidade de dois tiros para que o animal morresse, causando maior dano e abertura na região do crânio e a maior diversidade de aves limpadoras acessando a carcaça.

Outra variável que pode influenciar o espalhamento de partes do corpo é a vegetação circundante à decomposição. Em florestas temperadas em que a vegetação rasteira é menos abundante, é relatada a recuperação de partes em aproximadamente 100 a 400 metros de distância do corpo após registro de cães acessando a carcaça (HAGLUND, 1997a). Uma vez que os experimentos foram realizados em uma área de

Cerrado *sensu stricto* em que a vegetação rasteira é abundante e a arbustiva e arbórea apresentam caules retorcidos, o que dificulta a locomoção (KLINK & MACHADO 2005), o afastamento de partes ósseas a aproximadamente cinco metros de distância, como ocorrido no segundo experimento, pode sugerir um padrão de espalhamento para esse bioma e direcionar a investigação criminal em sítios de decomposição.

Com base nos resultados de experimentos que simulam a execução e abandono de corpos em área de Cerrado, investigações criminais que analisam o espalhamento dos ossos devem levar em consideração a cobertura vegetal do local. Deve-se ter em mente também que este espalhamento pode alterar a taxa de decomposição do corpo e, conseqüentemente, alterar a estimativa do IPM. Ainda, a determinação da causa da morte deve considerar possíveis artefatos gerados pelo comportamento alimentar de animais limpadores.

4.1.3. A sucessão de DIPTERA: Calliphoridae e COLEOPTERA em carcaças de *Sus scrofa* (L.).

Os insetos constituem o mais importante grupo de organismos vivos encontrados, colonizando matéria animal em decomposição no tocante à velocidade e eficiência de consumo das carcaças. Por muitos anos, em investigações criminais, as larvas presentes nos orifícios naturais como boca, olhos, nariz e orelha eram consideradas repugnantes e retiradas (lavadas) pelos médicos legistas durante a autópsia e em seguida, descartadas. Há vários anos, MÉGNIN (1894) um médico francês, começou a relatar a importância desses insetos em casos de morte, relacionando o tempo de vida das larvas com o tempo de exposição do cadáver ao meio e a partir daí outros estudos apareceram pelo mundo – HASKELL *et al.* (1997) refere-se às obras de Hall (1948): “The Blowflies of North America” citando Calliphoridae na Medicina Legal, e também Leclercq (1969) com a publicação “Entomology and Legal Medicine”. Posteriormente SMITH (1986) publicou o livro “A Manual of Forensic Entomology” estes dois últimos na Europa. Aqui no Brasil, PUJOL-LUZ *et al.* (2008) com a obra “Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008)” reconstruíram a história de cem anos de pesquisa sobre a fauna cadavérica brasileira.

MÉGNIN (1894) constatou e descreveu a sucessão ecológica em ondas de acesso de invertebrados e separou-as em oito ondas. Posteriormente STEFANI (1921) constatou seis e REED (1958) quatro. Entretanto, esses conceitos deram lugar às observações dos estágios da decomposição, das modificações ocorridas no cadáver e da fauna participante desses processos contínuos (BORNEMISSZA 1957) de acordo com os fatores ambientais, responsáveis pelo desenvolvimento biológico das espécies. A sucessão da fauna cadavérica apresenta variações quando se diz respeito à região geográfica e à

estação do ano em que o experimento está sendo realizado (BORNEMISSZA 1957, CAMPOBASSO *et al.* 2001, CARVALHO & LINHARES 2001, SOUZA *et al.* 2008).

4.1.3.1. Diptera

Os dípteros têm preferência por colonizar tecidos moles durante as fases iniciais da decomposição, geralmente os orifícios naturais como boca, olhos, nariz, orelhas e região genital. Essa oviposição ocorre poucas horas após a morte (CAMPOBASSO *et al.*, 2001). Os representantes desse grupo megadiverso que tem grande interesse forense pertencem à Família Calliphoridae e estão representados na tabela 3 de acordo com as fases de decomposição, evidenciando a importância do grupo no consumo dos tecidos moles.

Tabela 3. Espécies de Diptera coletados com rede entomológica e abundância relativa, em três carcaças de *Sus scrofa* (L.) em área de Cerrado da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Distrito Federal, durante os anos de 2010 e 2011.

Espécie	Estágios de decomposição					Abund relat
	A	B	C	D	E	
<i>Chrysomya albiceps</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	34,7%
<i>Chrysomya megacephala</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	13,8%
<i>Cocchliomyia macellaria</i>		██████████				0,2%
<i>Cloroprocta idioidea</i>		██████████				0,5%
<i>Hemilucilia segmentaria</i>		██████████	██████████	██████████	██████████	1%
<i>Hemilucilia semidiaphana</i>	██████████					2,3%
<i>Lucilia eximia</i>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	5,5%

(A) Inicial; (B) Gasoso; (C) Deterioração; (D) Decomposição ativa; (E) Restos.

A maior abundância de dípteros nos experimentos foi constatada durante a fase gasosa (Figura 27), pois esses insetos têm o olfato extremamente aguçado para reconhecer o recurso alimentar disponível e grande capacidade de colonizar carcaças em decomposição. Sendo assim, podemos reconhecer algumas espécies de interesse forense, utilizadas na determinação de intervalo pós-morte (IPM) como, por exemplo, *C. albiceps*, *C. megacephala* e *H. segmentaria* e *L. eximia*, esta última relatada como

espécie colonizadora de carcaças (CARVALHO *et al.* 2000, CARVALHO *et al.*, 2001, BIAVATI *et al.* 2010, LEDO *et al.*, 2012).

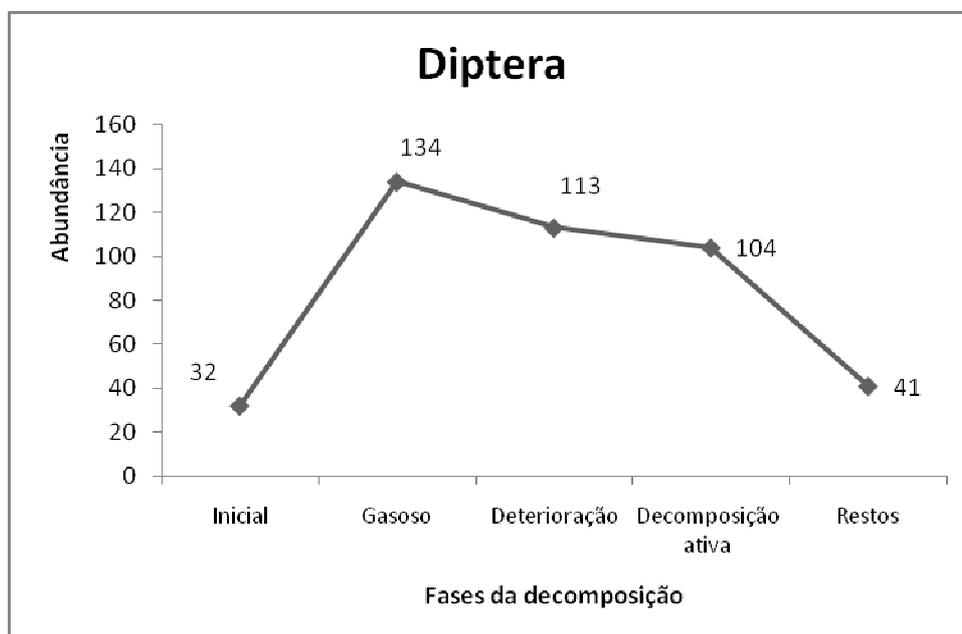


Figura 27. Abundância de dípteros de acordo com as fases da decomposição em que foram coletados e médias de temperatura e umidade do período.

O estágio gasoso apresentou a maior riqueza de espécies, sendo que somente *H. semidiaphana* não foi coletada. Esta espécie é considerada pouco frequente e em experimentos envolvendo sazonalidade esta espécie esteve presente durante o inverno (MOURA *et al.* 1997, CARVALHO & LINHARES 2001 e SOUZA *et al.* 2008).

BIAVATI *et al.* (2010) e LEDO *et al.* (2012) realizaram experimentos semelhantes com carcaças de pequena biomassa no Cerrado do Distrito Federal e constataram a alta frequência de Calliphoridae coletados. O gênero *Chrysomya* foi introduzido e, com uma boa adaptação ao meio e reprodução eficiente, pode afetar as comunidades locais de dípteros necrófagos (WELLS & GREENBERG 1992). Entre os califorídeos coletados, *C. albiceps* foi a mais abundante assim como observado por SOUZA & LINHARES (1997), MARCHIORI *et al.* (2000), CARVALHO & LINHARES (2001) e BIAVATI *et al.* (2010). Essa

espécie, assim como *H. segmentaria* são consideradas importantes nas estimativas de IPM em Cerrado (KOSMANN *et al.* 2011).

LEDO *et al.* (2012) refere-se à *L. eximia* como importante espécie colonizadora e sua presença durante o estágio fresco também ocorreu nos estudos realizados por GOFF (1991), GALLAWAY (1997), CAMPOBASSO *et al.* (2001). Neste trabalho essa espécie foi a quinta mais abundante e MISE *et al.* (2007) obtiveram a terceira maior abundância. KULSHRESTHA & CHANDRA (1987) destaca a colonização de Calliphoridae como uma invasão do recurso pós-morte pela imediata atratividade a esse recurso.

4.1.3.2. Coleoptera

Coleópteros são conhecidos por colonizar carcaças durante as fases tardias da decomposição, por sua preferência por tecidos mais endurecidos como cartilagens e partes próximas aos ossos (CAMPOBASSO *et al.*, 2001, MISE *et al.*, 2010)

Foram coletados 3253 coleópteros na armadilha de solo *pitfall*, entre eles estão as espécies de interesse forense (Tabela 4) sendo a mais abundante *Dermestes maculatus* (DeGeer), seguida por *Necrobia rufipes* (DeGeer), *Hister sp.*, *Omorgus sp.* e *Coprophanaceous ensifer* (Germar).

Tabela 4. Espécies de Coleoptera coletados em armadilha de solo e abundância relativa, em três carcaças de *Sus scrofa* (L.) em área de Cerrado da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Distrito Federal, durante os anos de 2010 e 2011.

Espécie	Estágios de decomposição					Abund relat
	A	B	C	D	E	
<i>Coprophanaceous ensifer</i>						1,8%
<i>Dermestes maculatus</i>						28,2%
<i>Hister sp.</i>						19%
<i>Necrobia rufipes</i>						24,3%
<i>Omorgus sp.</i>						4,9%

(A) Inicial; (B) Gasoso; (C) Deterioração; (D) Decomposição ativa; (E) Restos.

A maior abundância de espécimes coletados ocorreu na fase de decomposição ativa (Figura 28), seguida pela fase de restos, demonstrando a atividade tardia dos coleópteros em relação à atividade de dípteros.

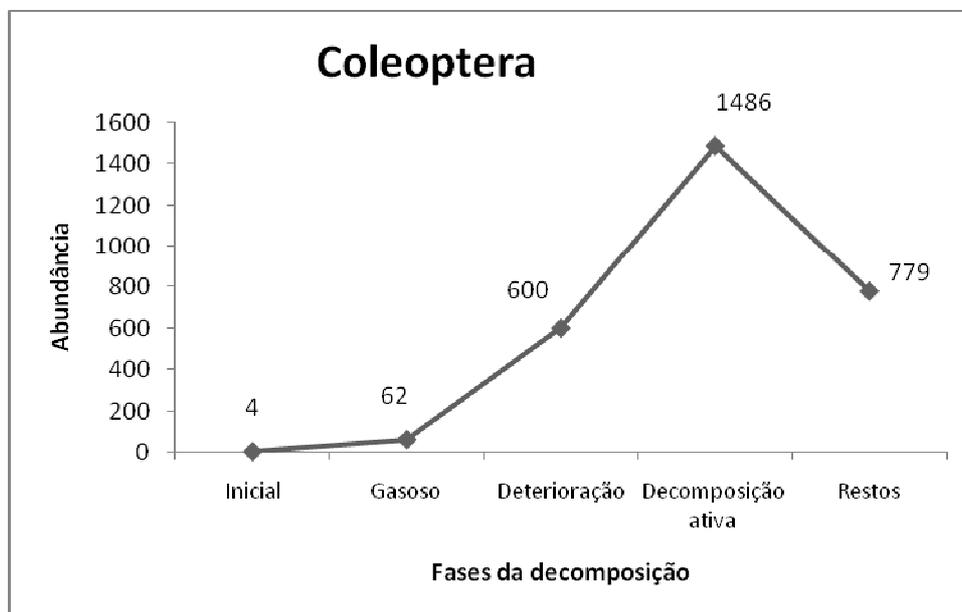


Figura 28. Abundância de coleópteros de acordo com as fases da decomposição em que foram coletados.

No presente trabalho foram coletados besouros pertencentes a cinco famílias consideradas de interesse forense (i.e. Dermestidae, Scarabidae, Histeridae, Cleridae e Trogidae). Números divergentes foram encontrados em estudos anteriores realizados em outras localidades: quatro famílias em São Paulo, Buenos Aires e Manaus (SOUZA & LINHARES 1997, CENTENO *et al* 2002, MISE *et al.* 2010), oito famílias segundo WOLFF *et al.* (2001) na Colômbia e 12 na zona urbana de Curitiba, Paraná (MISE *et al.* 2007). A diferença na riqueza de famílias encontradas nos diferentes trabalhos provavelmente é decorrente dos diferentes métodos de coleta empregados nos estudos.

Nos três experimentos realizados, apenas duas espécies (*Dermestes maculatus* e *Coprophaneaus ensifer*) foram coletadas nos primeiros dois dias de decomposição. No Brasil, MISE *et al.* (2010) relatam a presença de coleópteros nos estágios iniciais, indo

contra o postulado por SOUZA & LINHARES (2001) de que besouros somente são coletados a partir do segundo estágio de decomposição. A ação de *Coprophanæus lancifer* na alteração de sítios de decomposição no Estado do Amazonas foi relatada no primeiro estudo brasileiro envolvendo a tafonomia forense (URURAHY-RODRIGUES *et al.* 2008).

As espécies necrófagas coletadas nesses experimentos são bastante similares aos gêneros coletados por CARVALHO & LINHARES (2001) em carcaças suínas e por OLIVEIRA-COSTA *et al.* (2001) em corpos humanos.

As médias de temperatura e umidade passaram por pequenas alterações nos experimentos realizados em março de 2010 (23,8 °C e 82%) e setembro de 2010 (24,2°C e 71,8%), com pluviosidade acumulada durante todo os dois períodos de 163,6 mm e 229,5 mm, respectivamente. O experimento realizado em agosto de 2011 apresentou as menores taxas de umidade relativa (48,5%) e nenhum registro de pluviosidade no período de 26 de agosto a 09 de setembro de 2011, quando ocorreu a queimada na FAL-UnB. O período entre os meses de abril a setembro é considerado a estação seca no bioma Cerrado (EITEN 1972).

4.2. Decomposição em Covas Rasas

4.2.1. Associação de insetos necrófagos (DIPTERA: Stratiomyidae e COLEOPTERA: Scarabaeidae e Trogidae) com carcaças enterradas, fenômenos da decomposição e levantamento de dados através de GPR em covas rasas

O solo apresenta a característica de responder rapidamente às mudanças ambientais como poluição e alterações exercidas sobre ele (CARTER & TIBBETT 2006). Considerando a morte como uma alteração natural em ecossistemas terrestres, a biologia e a química do solo podem auxiliar em investigações de estimativas do IPM (VASS *et al.* 1992, CARTER & TIBBETT 2003, TIBBETT *et al.* 2004) e de localização de covas clandestinas (RODRIGUEZ & BASS 1985, CARTER & TIBBETT 2003). Um cadáver representa um recurso complexo e leva com ele: (a) muitos microrganismos presentes no momento da morte, (b) aproximadamente 70% de água e (c) alta concentração de lipídios e proteínas que são liberados no solo gradativamente durante a decomposição (CARTER & TIBBETT 2008). Participando desse processo está a fauna associada, pouco relatada pela pequena quantidade encontrada durante as exumações.

O estudo do processo de decomposição em cadáveres enterrados é pouco conhecido, assim como a atuação do solo como barreira e como um agente passivo no processo de decomposição. Nesse trabalho foram realizadas seis exumações em períodos distintos após o enterramento (Tabela 5) visando a observação das alterações na carcaça e da fauna associada.

Tabela 5: Cronograma de período em meses do momento inicial do experimento e do período em que foram realizadas as exumações. As letras entre parênteses representam a terminologia que será usada para cada experimento de exumação.

Enterramentos	Exumações		
	90 dias	180 dias	365 dias
Março 2010	Junho 2010 (A)	Setembro 2010 (C)	Março 2011 (E)
Setembro 2010	Janeiro 2011 (B)	Abril 2011 (D)	Setembro 2011 (F)

4.2.1.1. Recuperação dos restos mortais

a) 90 dias de enterramento

Os modelos foram colocados em cova rasa protegidos por vidro (Rizotron) para que fossem observadas as alterações no perfil do solo. Entretanto, além de não ser possível a observação de grandes modificações, a terra sobre a carcaça ficou pouco compactada e deslizou para dentro do local de observação, inviabilizando o processo.

Ao que tudo indica, essas covas rasas não foram colonizadas rapidamente. No 17º dia após o enterramento foi observada através do vidro uma pequena quantidade de insetos dentro da cova, três galerias apenas, por onde se observava a passagem de algumas larvas. A decomposição no solo pode ser até oito vezes mais lenta que em superfície (FORBES *et al.* 2005a, CARTER & TIBBETT 2008), sendo 17 dias uma chegada antecipada das larvas e adultos até a carcaça.

A primeira carcaça foi exumada em junho de 2010 e apresentava grande quantidade dos tecidos ressecados, mumificados, decorrentes dos meses de pouca precipitação no Cerrado (3,6 mm em abril; 5,1 mm em maio e 4,3 mm em junho).

Durante a exumação foi recuperada a maioria das partes do corpo. As partes menores, como carpos e unhas, são de difícil recuperação. No momento em que o contorno da carcaça foi visualizado, os cuidados para a retirada dos tecidos a fim de evitar perdas ou quebra de partes aumentaram, uma vez que o solo compactado dificulta a retirada dos ossos (Figura 29A). Não foi observado soerguimento, estando a carcaça a 60 cm como no momento do enterro da mesma.

Nas camadas de solo peneiradas foram coletados aproximadamente 80 pupários de Calliphoridae (Diptera), duas larvas de Scarabaeidae (Coleoptera) e algumas galerias com a presença de adultos *Omorgus* sp. (Fabricius 1775) (Coleoptera: Trogidae) nas duas camadas próximas à carcaça.



Figura 29. Recuperação de ossos em exumação de enterramento com 90 dias de decomposição; Retirada da terra compactada próxima à carcaça (A); limpeza dos ossos para visualização do contorno da carcaça (B).

Curiosamente, essa cova rasa foi visitada por um lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*, Illiger 1815), comprovada por registro de armadilha fotográfica, no 14º dia. Ele escavou somente 10 cm e não mais retornou à carcaça.

A segunda carcaça foi exumada em dezembro de 2010 e, diferentemente da primeira, apresentava tecidos extremamente moles com coloração rósea e esbranquiçada, característico da saponificação que ocorre em ambientes mais úmidos (Figura 30). Esse fenômeno ocorreu provavelmente pela alta pluviosidade ocorrida nos

meses de outubro (200 mm), novembro (165,1 mm) e dezembro (245,9 mm) de 2010.

Não se observou larvas nem adultos de insetos durante a exumação.



Figura 30. Saponificação aparente na exumação com 90 dias de enterramento em ambiente de umidade relativa média no período de 85%.

b) 180 dias de enterramento

As duas carcaças exumadas 6 meses após o enterramento apresentavam tecido mumificado na região da cabeça e início do tórax com tecido, com parte dos pelos ainda presentes. Junto aos pelos foram encontrados pupários de Phoridae (Diptera) (Figura 31A), parasitados por outros forídeos (Figura 31B).

Além dos pupários, encontrou-se 127 larvas de *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae) e observou-se galerias que continham adultos de *Omorgus* sp. (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Trogidae) dentro delas. Esses animais começaram a ser encontrados aos 60 cm de profundidade.



Figura 31. A- Recuperação de pele e pelos da carcaça enterrada em cova rasa a 180 dias; B-Pupários parasitados (1) Pupário de Phoridae, (2) Cornos respiratórios característicos de larvas de Phoridae.

Durante a retirada das camadas de terra sobre a carcaça, cerca de 45 cm de profundidade, foi visualizada um espaço vazio gerado a partir da carcaça para a superfície (Figura 32), também observado pela técnica de georadar, possivelmente gerado pela decomposição anaeróbica da carcaça. Todavia, não foi percebido odor nem foi possível observar a carcaça, uma vez que a terra logo preencheu o buraco.



Figura 32. Perfuração encontrada a uma profundidade aproximada de 45 cm, na exumação com 180 dias de enterramento, exumada em abril de 2011.

c) 365 dias de enterramento

As diferenças macroscópicas observadas nas carcaças com 365 dias de enterramento em comparação às carcaças com 180 dias foram: (a) a maior porosidade dos ossos encontrados, e (b) os ossos maiores como fêmur e pelve apresentavam perfurações características de desgastes ósseos. A pele recuperada da região da cabeça e tórax estava mumificada, assemelhando-se à encontrada nas exumações do primeiro experimento com 90 dias e dos dois com 180 dias de enterramento. Foram coletada 16 larvas de *H. illucens* e aproximadamente 90 adultos de *Omorgus* sp.

Antes da exumação da carcaça com 365 dias de decomposição, observou-se a ausência de vegetação sobre a cova (Figura 33). Esta é uma característica bastante interessante e que pode ser aplicada às ciências forenses em investigações criminais: modificações no solo e a ausência de vegetação fechada no sítio de decomposição são sinais indicativos da presença de covas clandestinas.



Figura 33. Local de enterramento após 365 dias. Presença de pequena quantidade de vegetação no local onde ocorreu a movimentação do solo para escavação de cova rasa.

Uma vez que o solo atua como uma barreira física, os estágios de decomposição ocorrem de maneira mais lenta do que em corpos em superfície. Quase não há passagem de raios solares, o que reduz a flutuação na temperatura e umidade e promove uma maior preservação dos tecidos (FORBES *et al.*, 2005b). E também quase não há dissipação dos odores, o que torna as covas rasas menos atrativas para decompositores

e, conseqüentemente, auxilia na preservação das carcaças (RODRIGUES & BASS 1985, FORBES *et al.* 2005a, b). CARTER & TIBBETT (2008), em experimentos ainda não conclusivos com cadáveres enterrados, afirmam que essa decomposição pode chegar a ser oito vezes mais lenta que a ocorrida em superfície, redução esta atribuída principalmente à diminuição da presença de insetos e limpadores.

Os estudos sobre fauna de carcaças enterradas iniciaram-se com MÉGNIN (1894), em sua obra clássica: “*La Faune des Cadaveres, Application de l’Entomologie à La Médecine Légale*” e MOTTER (1896) deu continuidade aos estudos da fauna de cadáveres enterrados. Em 1968, PAYNE & KING em experimentos observaram a fauna de artrópodes em carcaças enterradas (48 espécies). Mais recentemente, RODRIGUES & BASS (1985) compilaram os dados conhecidos e constataram que o pequeno conhecimento da entomofauna de enterrados acontece devido aos estudos se dedicarem mais às modificações teciduais do que à entomofauna participante. Esta reduzida atenção à fauna é decorrente do lento processo de decomposição e da baixa frequência de insetos nestes ambientes.

Dentre os invertebrados coletados no presente trabalho, destaca-se a presença de grande quantidade de *Omorgus* sp. Besouros deste gênero, geralmente, ovipõem na superfície e suas larvas enterram-se a diferentes profundidades, posicionando-se verticalmente em relação ao substrato alimentar. O estágio larval é dividido em três instares, com duração total de aproximadamente quatro semanas (SCHOLTZ 1990).

O comportamento de enterramento das larvas auxilia na sobrevivência e permanência destes besouros até a sua fase adulta nas proximidades da carcaça. Devido à duração da sua fase larval, adultos costumam ser coletados em estágios mais avançados de decomposição. Tal fato foi corroborado no presente estudo, uma vez que

besouros deste gênero foram coletados em todas as exumações, com exceção da carcaça com 90 dias de enterramento.

Larvas de *H. illucens* foram coletadas em abundância nas covas rasas, sendo considerada necrófaga secundária ou oportunista (PUJOL-LUZ *et al.* 2008). LORD *et al.* (1994) a classifica como detritívora generalista, comumente presente em cadáveres em fases tardias de decomposição e dominante em carcaças enterradas durante as fases seca e restos. As observações realizadas no presente trabalho corroboram esta afirmação, uma vez que nas exumações com 180 e 365 dias de enterramento e na primeira exumação com 90 dias de enterramento (carcaça com tecidos ressecados) este gênero foi coletado, enquanto que no segundo experimento de 90 dias (carcaça com tecidos moles e saponificados) o mesmo não foi observado.

A diferença entre tipos de solos e método de enterramento alteram o processo de decomposição (FORBES 2008). A profundidade de enterramento, a compactação, bem como o umedecimento são fatores que inibem a fermentação aeróbica, podendo conduzir à saponificação (JANAWAY 2002, FORBES *et al.* 2005b). FIEDLER & GRAW (2003) afirmam que a saponificação não é um produto final, podendo ocorrer em cadáveres enterrados após 36 horas em temperaturas amenas e em 3–7 dias em temperaturas mais baixas. Provavelmente a presença de maior umidade que precedeu a segunda exumação com 90 dias de enterramento acarretou a saponificação aparente. Já a primeira cova com 90 dias de enterramento, e as decomposições de 180 dias e de 365 dias, encontravam-se protegidas pelo solo e receberam baixos níveis de precipitação, levando ao ressecamento dos tecidos e posterior mumificação. Neste último experimento iniciado em setembro de 2010, os períodos de chuva intercalados

(Novembro e Dezembro de 2010, Janeiro, Fevereiro e início de Março de 2011) foram menores que os meses sem chuva (7), possivelmente o motivo da mumificação.

A presença de adultos de Phoridae (Diptera) em carcaças enterradas já foi relatada por BOUREL *et al.* (2004). Alguns forídeos como *Conicera tibialis* (Schmitz 1925) podem realizar postura a 2 m de profundidade e são capazes de colonizar cadáveres enterrados (BOUREL *et al.* 2004, TURNER & WILTSHIRE 1999). Os pupários coletados no tecido da carcaça não permitem identificação em nível específico. Todavia apresentam os cornos respiratórios característicos da família e um comportamento comum entre as espécies: o parasitismo de outros pupários (Figura 23B).

4.2.1.2. Montagem e contagem de partes corporais

As contagens de partes do esqueleto estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6. Partes ósseas recuperadas durante as exumações de covas rasas com 90, 180 e 365 dias de enterramento em períodos distintos, um iniciando em março e outro iniciado em setembro de 2010.

	A	B	C	D	E	F
Crânio	X	X	X	X	X	X
Mandíbula	X	X	X	X	X	X
Pelve	X	X	X	X	X	X
Escápula	X	X	X	X	X	X
Umero	X	X	X	X	X	X
Rádio	X	X	X	X	X	X
Fíbula	X	X	X	X	X	X
Fêmur	X	X	X	X	X	X
Vértebras	X	X	X	X	**	X
Costelas	**	X	**	X	X	X
Sacro	X	X	X	X	X	X
Vértebras Caudais	***	**	***	***	***	***
Carpos e metacarpos/ tarsos e metatarsos	*	**	**	**	**	**
Falanges	**	*	**	**	**	**
Unhas	*	**	**	*	*	*

(A) 90 dias; (B) 90 dias; (C) 180 dias; (D) 180 dias; (E) 365 dias; (F) 365 dias. (*) parte não recuperada; (**) perdas de 1 a 3 porções; (***) perdas entre 5 e 15 vértebras caudais.

Após a montagem das ossadas e registro como demonstrado na figura 34, foi constatada a perda de partes menores como unhas em B, D e E. Somente seis das 12 falanges existentes foram recuperadas na exumação da carcaça com 365 dias de enterramento (E). Os ossos cárpicos e metacárpicos apresentam-se em número de nove, enquanto que são sete ossos társicos e metatársicos. Na tabela 6, todos estes ossos foram indicados conjuntamente por serem muito pequenos e de difícil recuperação nas exumações. Sendo assim, dos nove ossos cárpicos/metacárpicos, somente cinco foram recuperados e dos sete ossos társicos/metatársicos, seis foram recuperados nas exumações com 180 dias (C e D). Nas exumações (B, D e E) foram recuperados cinco ossos e nenhuma dessas partes foram encontradas na exumação da carcaça com 90 dias (A).

As vértebras caudais são pequenas e porosas pela presença dos forames e variam em número de 20 a 26, podendo uma delas estar fundida aos ossos sacrais (GETHY 1986). Por serem porosos e de fácil decomposição, grande parte desses ossos muitas vezes não são recuperados e alguns deles são encontrados em extrema deterioração. Na segunda exumação com 90 dias foram recuperadas apenas 20 vértebras (Tabela 6B), ao passo que nas outras exumações todas foram recuperadas.

As costelas são consideradas ossos grandes e duas delas não foram recuperadas nas exumações com 90 dias (Tabela 6A) e 180 dias (Tabela 6C), provavelmente pelo ressecamento excessivo do tecido e a extrema compactação da terra ao redor da carcaça dificultando a exumação.

Somente duas vértebras cervicais não foram recuperadas na exumação com 365 dias (Tabela 6F), nas outras exumações realizadas foram recuperadas todas as vértebras

das carcaças. O restante dos ossos maiores como crânio, mandíbula, pelve, escápula, úmero, rádio, fíbula, fêmur e sacro, foi recuperado inteiramente.



Figura 34. Montagem dos esqueletos para contagem e levantamento de partes perdidas.

MORTON & LORD (2006), em experimentos realizados com porcos, confirmam a dificuldade em recuperar partes muito pequenas e não observaram soerguimento. MORTON & LORD (2002) consideram a perda de partes corporais em carcaças como uma decorrência da visitação das mesmas por vertebrados limpadores, fato este não observado nesse experimento. As partes corporais não recuperadas foram as menores e que são naturalmente de difícil observação. As análises dos ossos recuperados, demonstram que ossos pequenos podem ser até mesmo desintegrados em virtude do tempo em contato com o solo, assim como citado por LYMAN (1994), FORBES *et al.* (2005b) e HAGLUND & SORG (1997).

Na região da cabeça, foi possível observar as perfurações geradas pelo projétil de arma de fogo, e também a confirmação da causa da morte através da observação dos ossos, uma vez que nenhuma outra marca aparente foi encontrada. A tafonomia, em seu

viés antropológico, pode comprovar a causa da morte por meio das marcas encontradas nos ossos (HAGLUND & SORG 1997).

4.2.1.3. Tecnologia utilizada na detecção de covas em uma simulação de cemitérios clandestinos

O georadar ou GPR (*Ground-Penetrating Radar*) foi utilizado como ferramenta para detecção de três covas rasas, as duas exumadas com 180 dias de enterramento (C, D) e uma com 365 dias (F) (Tabela 6). Os resultados obtidos por meio das reflexões hiperbólicas, provocadas pela reverberação da onda eletromagnética na carcaça, geraram fotos em alta resolução da subsuperfície (Figuras 35, 36 e 37).

A rotina de processamento, realizada pelos peritos da Polícia Federal, consistiu em conversão de formato do arquivo, ajuste do tempo zero, filtros no domínio do tempo (remoção de ruídos incoerentes presentes ao longo de cada traço e remoção de ruídos coerentes/de fundo), ganho de decaimento de energia (baseado na curva de declínio médio de todos os traços do perfil), conversão de tempo de propagação em profundidade, utilizando velocidade constante (baseada em ajuste hiperbólico) e migração no domínio do tempo (fk migration – Stolt). Para a inversão dos dados (tempo para profundidade), adotou-se a velocidade eletromagnética de 0,095 m/ns, por ser considerada pelos peritos a mais adequada, e posteriormente corrigida. Esta velocidade foi adotada devido à proximidade das áreas e da similaridade do solo. As velocidades podem não ser uniformes devido às heterogeneidades nas propriedades físicas do solo em subsuperfície (PORSANI *et al.*, 2006). Os resultados de GPR foram analisados através de seções 2D individuais.

Nos sítios de enterramento que simulam um cemitério clandestino (Figura 35,36 e 37) é apresentado o perfil de GPR de 2400 MHz resultando em 512 amostras por traço

no radagrama e observa-se que as reflexões do topo da carcaça indicaram a profundidade no enterramento de 50 cm na carcaça exumada com 180 dias (Figura 35), de 63 cm na carcaça exumada com 180 dias (Figura 36) e 62 cm de profundidade com 365 dias de enterramento (Figura 37).

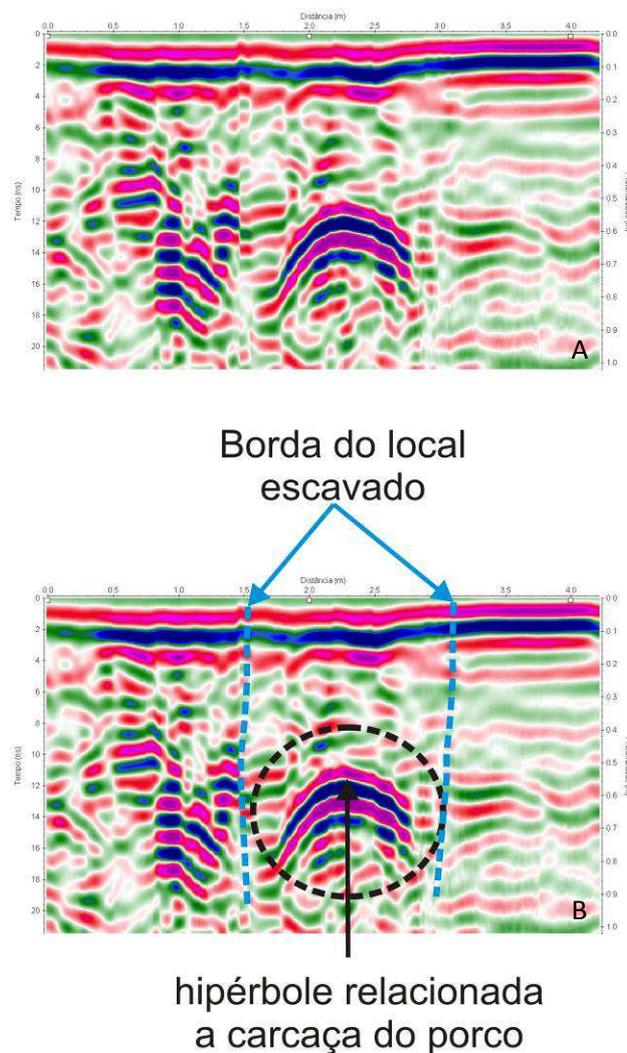


Figura 35. O perfil GPR (A) mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco (B) e uma profundidade de 55 cm exumada com 180 dias de enterramento (imagem cedida pelo IG-UnB).

A Figura 36 apresenta as reflexões, iniciando a uma profundidade de enterramento de 50 cm. A carcaça foi enterrada a 60 cm de profundidade, comprovando a presença de material à profundidade conhecida.

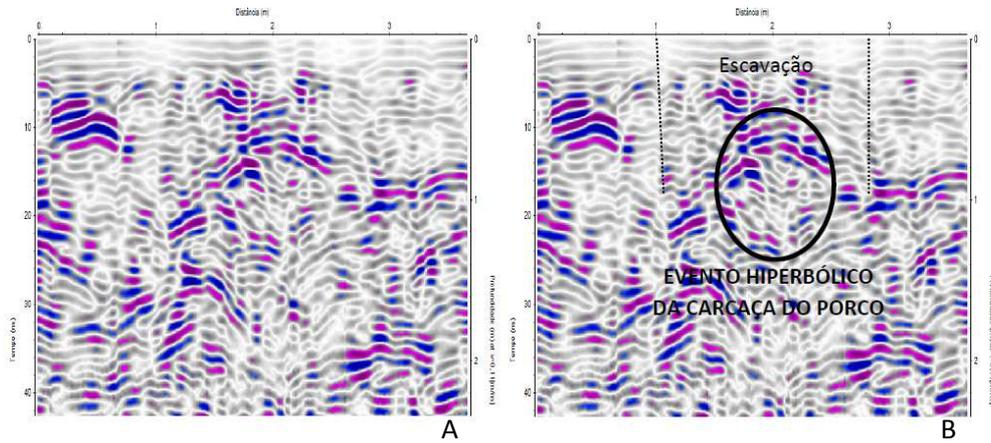


Figura 36. O perfil GPR (A) mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco (B) e uma profundidade de 63 cm após 180 dias de enterramento. (imagem cedida pela Polícia Federal)

A profundidade de enterramento das duas outras carcaças (Figura 36 e 37) foi de 80 cm e as hipérboles foram geradas a 63 cm de profundidade, fenômeno este denominado cavitação. Segundo GREGORICH *et al.* (1988), cavitação é o fenômeno de vaporização do fluido na própria temperatura e geralmente é acompanhada por ruídos, vibrações e com possível erosão das superfícies sólidas, típica do colapso dos "vazios" do corpo, que se formou acima da carcaça. Segundo SCHULTZ (2007), os vazios causados pelo assentamento do aterro podem facilitar a detecção das covas, uma vez que a velocidade da onda eletromagnética é alterada quando digitaliza o solo perturbado (Figura 36).

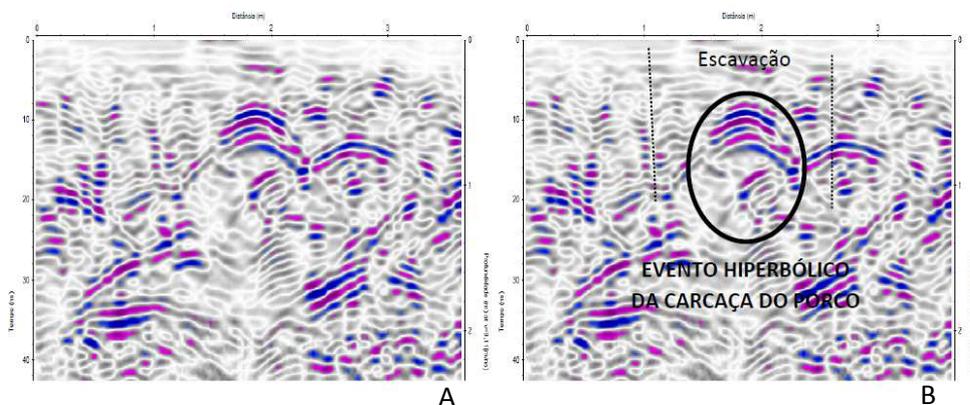


Figura 37. O perfil GPR (A) mostrando evento hiperbólico da cova rasa com carcaça de porco (B) e uma profundidade de 62 cm após 365 dias de enterramento. (Imagem cedida pela Polícia Federal)

No levantamento realizado na cova exumada com 365 dias de enterramento observou-se o “colapso dos vazios”, presença de raízes de árvores acima da carcaça que dificultaram a exumação e interferência nas reflexões das ondas do georadar.

Em casos criminais essa tecnologia tem grande sucesso na detecção de cemitérios clandestinos (SCHULTZ & MARTIN 2012) e vem sendo utilizada desde 1990 em estudos de interesse forense como, por exemplo, na localização de covas de desaparecidos de movimentos armados como o IRA (*Irish Republican Army*), comprovação de relatos de testemunhas sobre cemitérios clandestinos (RUFFELL 2005) e na localização de covas de vítimas de homicídios (NOBES 2000, DAVENPORT 2001, SCHULTZ 2007). SCHULTZ (2007) afirma que os restos mortais podem ser detectados através de GPR nas várias fases de decomposição e, possivelmente, quando esqueletizadas. Desta forma, este método pode ser utilizado em estudos arqueológicos (SCHULTZ & MARTIN 2012).

A detecção de covas clandestinas envolve variáveis que dependem da observação por parte do perito criminal: perturbação no solo e presença de objetos ou vestimentas que podem ser usados para envolver o corpo (SCHULTZ, 2003; SCHULTZ *et al.*, 2006). A perturbação no solo pode ser caracterizada pela ausência ou pequena quantidade de vegetação local como ocorreu na cova com 365 dias de enterramento (F) ou apenas pela modificação na profundidade do solo local.

Esta simulação de cemitério clandestino comprovou a eficácia na utilização do georadar ou GPR para identificação de covas em solos de Cerrado, caracterizado pela grande quantidade de ferro presente, baixa fertilidade e acidez (EITEN 1972). BORGES *et al.* (2006) afirma que a acidez extrema pode provocar maior condutividade elétrica do meio, entretanto mesmo ácido, o solo do Cerrado não comprometeu as reflexões eletromagnéticas. A utilização do equipamento foi facilitada pelo rápido acesso ao local,

pela topografia plana e pela presença de pouca vegetação fechada próximo ao local das covas, assim como citado por SCHULTZ (2007) como condições favoráveis do sítio de decomposição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fauna associada à carcaça em decomposição na superfície do solo, obteve o registro de um total de seis espécies de Calliphoridae (Diptera), cinco famílias de coleópteros e quatro famílias de Vertebrados.

Dípteros e coleópteros tem sido estudados em entomologia forense no Brasil a mais de cem anos e sua importância forense é reconhecida em estimativas de IPM. Entretanto, a participação de vertebrados no processo de decomposição nunca foi descrita no país sob a ótica forense, tendo sido observadas quatro espécies de aves (*Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *Sarcoramphus papa* e *Caracara plancus*), comumente encontradas se alimentando de carcaças, e dois mamíferos (*Didelphis albiventris* e *Leopardus pardalis*) considerados acidentais ou oportunistas em relação à disponibilidade de recurso.

Levando em consideração que os experimentos foram realizados próximos (aproximadamente 100 m) um do outro, criamos no ambiente uma disponibilidade de alimento incomum, muito atrativa aos carniceiros. Relacionando essa mudança no ambiente à cemitérios clandestinos onde são descartados corpos com certa frequência, os corpos serão consumidos cada vez mais rápido, dificultando a identificação do corpo e a estimativa de IPM.

A influência do acesso de vertebrados durante o processo de decomposição provocou o espalhamento de ossos a aproximadamente 5 metros de distância, a movimentação da carcaça a 90° do local original, movimentação das partes do corpo (como ocorreu com a perna traseira nos dois experimentos de 2010) e a alteração na taxa de decomposição. Estas observações são artefatos importantes quando aplicados na

interpretação de cenas de crime e pode auxiliar o entendimento da maneira como o crime ocorreu.

Nas carcaças enterradas em covas rasas, a fauna associada foi mais restrita devido à barreira natural exercida pelo solo e pela presença de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) e Scarabaeidae (Coleoptera) e adultos de *Omorgus sp.* (Coleoptera: Trogidae), fauna comumente encontrada em estágios tardios de decomposição. Durante as exumações, além da coleta de insetos, foi observado o aspecto da carcaça em relação à preservação tecidual e observou-se a mumificação e a saponificação influenciadas pelos fatores abióticos durante o período de enterramento.

Este trabalho inicia um estudo do comportamento da fauna em relação a uma carcaça e os efeitos causados pelo processo de decomposição no ambiente. A exploração desses artefatos no Cerrado é relatada parcialmente em estudos de fauna. Entretanto, a partir deste estudo, podemos ampliar linhas de pesquisa específicas na área forense, concretizar as parcerias com os órgãos de defesa e promover projetos conjuntos (Polícias/Universidades), para que o conhecimento científico auxilie ainda mais nas práticas periciais.

6. PERSPECTIVAS

- Espera-se que os métodos utilizados neste trabalho possam auxiliar na produção de “procedimentos operacionais padrão” nas atividades de investigação em campo (i.e. pericial) ou didáticos (i.e. cursos de formação) que envolvam conhecimentos sobre antropologia forense e tafonomia forense.
- Estudos desta natureza devem ser estimulados em outras fitofisionomias vegetais ou biomas brasileiros.
- O uso dessas técnicas seria bastante aperfeiçoado, se fosse possível a utilização de corpos humanos ou partes destes para realização dos experimentos. Desta forma os métodos e técnicas apresentados nesta tese, de maneira exploratória, poderiam ser testados em situações mais próximas da realidade da polícia judiciária brasileira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.M. & K.M. MISE. 2009. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. **Revista Brasileira de Entomologia** 53: 227–244.
- AMENDT, J.; R. KRETTEK & R. ZEHNER. 2004. Forensic entomology. **Naturwissenschaften** 91: 51–65.
- ARCHER, M.S. 2004. The effect of time after body discovery on the accuracy of retrospective weather station ambient temperature corrections in forensic entomology. **Journal of Forensic Sciences** 49: 553–559.
- BEGON, M.; C.R. TOWNSEND & J.L. HARPER. 2006. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Blackwell Publishin, USA p. 759.
- BEHRENSMEYER, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. **Paleobiology** 4: 150–162.
- BEHRENSMEYER, A.K. & S.M. KIDWELL. 1985. Taphonomy's contributions to Paleobiology. **Paleobiology** 11: 105–119.
- BEHRENSMEYER, A.K.; S.M. KIDWEL, & R.A. GASTALDO. 2000. Taphonomy and Paleobiology. **Paleobiology** 26: 103–147.
- BEVAN, B.W. 1991. The search of graves. **Geophysics** 56: 1310–1319.
- BERRYMAN, H.E. 2002. **Disarticulation pattern and tooth mark artifacts associated with pig scavenging of human remains**. A case Study, p. 487–495. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspective**. Boca Raton, CRC Press, xxxii +507 p.

- BLAVATI, G.M.; F.H.A. SANTANA & J.R. PUJOL-LUZ. 2010. A checklist of Calliphoridae blowflies (Insecta, Diptera) associated with a pig carrion in Central Brazil. **Journal of Forensic Sciences** 55: 1603–1606.
- BISSARO JR, M.C. 2008. **Tafonomia como ferramenta zooarqueológica de interpretação: viés de representatividade óssea em sítios arqueológicos, paleontológicos e etnográficos.** Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos da Universidade de São Paulo.
- BORGES, W.; A. LAGO; S. FACHIN; V. ELIS & E. SANTOS. 2006. GPR utilizado na detecção da geometria de cavas usadas para disposição de resíduos de óleos lubrificantes. **Revista Brasileira de Geofísica** 24: 483–494.
- BORNEMISSZA, G.F. 1957. An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. **Australian Journal of Zoology** 5:1–12.
- BOUREL, B.; G. TOURNEL; V. HEDOUIN & D. GOSSET. 2004. Entomofauna of burial bodies in northern France. **International Journal of Legal Medicine** 118: 215–220.
- BRAND, L.R.; M. HUSSEY & J. TAYLOR. 2003. Decay and Disarticulation of Small Vertebrates in Controlled Experiments. **Journal of Taphonomy** 1: 69–95.
- BRIGGS, D. E. G 1995. Experimental taphonomy. **Palaios** 10: 539–550.
- BUCKLAND, W. 1823. **Reliquie diluvianae, or observations on the organic remains contained in caves, fissure and diluvial gravel and on other phenomena, attesting to the action of a Universal Deluge.** Murray, London 303p.

- CALCE S.E. & T.L. ROGERS. 2007. Taphonomic changes to blunt force trauma: a preliminary study. **Journal of Forensic Science** 52: 519–527.
- CAMPOBASSO, C.P.; G. DI VELLA & F. INTRONA. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic Science International** 120: 18–27.
- CARTER, D.O. & M. TIBBETT. 2003. Mushrooms and taphonomy: The fungi that mark woodland graves. **Mycologist** 17: 20–24.
- CARTER, D.O. & M. TIBBETT. 2006. Microbial decomposition of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in a sandy loam soil at different temperatures. **Soil Biology & Biochemistry** 38: 1139–1145.
- CARTER, D.O.; D. YELLOWLEES & M. TIBBETT. 2007. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. **Naturwissenschaften** 94: 12–24.
- CARTER, D.O. & M. TIBBETT. 2008. **Cadaver decomposition and soil: processes**. p. 29-52. *In*: M. TIBBETT & D.O. CARTER (Eds), **Soil analysis in forensic taphonomy: chemical and biological effects of buried human remains**, Boca Raton, CRC Press, xii + 340 p.
- CATTS, E.P. & M.L. GOFF. 1992. Forensic entomology in criminal investigations. **Annual reviews entomology** 37: 253–272.
- CAVALCANTE, S. & M.F.A. FRANCO. 2007. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. **Revista Mal-estar e Subjetividade** 7: 211–231.

- CARVALHO, C.J.B. & C.A. MELLO-PATIU. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. **Revista Brasileira de Entomologia** **52**: 390–406.
- CARVALHO, C.J.B.; P.J. THYSSEN; A.X. LINHARES & F.A.B. PALHARES. 2000. A Checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** **95**: 135–138.
- CARVALHO, L.M.L. & A.X. LINHARES. 2001. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. **Journal of Forensic Sciences** **46**: 604–608.
- CARVALHO, L.M.L.; A.X. LINHARES & J.R. TRIGO. 2001. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. **Forensic Science International** **120**: 140–144.
- CENTENO, N., M. MALDONADO & A. OLIVA. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires province (Argentina). **Forensic Science International** **126**: 63–70.
- CONNELL, J.H. & R.O. SLATYER. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist** **111**: 1119–1144.
- DAVENPORT, C.G. 2001. Remote sensing applications in forensic investigations. **Historical Archaeology** **35**: 87–100.
- DAVIS J.L. & A.P. ANNAN. 1989. Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. **Geophysical Prospecting** **37**: 331–551.
- DENNO R.F. & W.R. COTHRAN. 1975. Niche relationships of a guild of necrophagous flies. **Annals of the Entomological Society of America** **68**: 741–754.

- DENYS, C. 2002. Taphonomy and experimentation. **Archaeometry** **44**: 469–484.
- DEVAVULT, T.; I. BRISBIN & O. RHODES JR. 2004. Factors influencing the acquisition of rodent carrion by vertebrate scavengers and decomposers. **Canadian Journal of Zoology** **89**: 502–509.
- DI BITETTI, M.S.; A. PAVIOLO & C. DE ANGELO. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. **Journal of Zoology** **270**: 153–163.
- DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M. 1998. Tafonomía y ciencia ficción: algunos casos prácticos. **Quaderns de Prehitoria i Arqueologia de Castelló** **19**: 07–25.
- DOMÍNGUEZ-SOLERA, S. & M. DOMÍNGUEZ-RODRIGO. 2009. A Taphonomic study of bone modification and tooth-mark patterns on long limb bone portions by suids. **International Journal of Osteoarchaeology** **19**: 345–363.
- DOMÍNGUEZ-SOLERA, S. & M. DOMÍNGUEZ-RODRIGO. 2011. A taphonomic study of a carcass consumed by griffon vultures (*Gyps fulvus*) and its relevance for the interpretation of bone surface modification. **Archaeological Anthropology Science** **3**: 385–392.
- EARLY, M & M.L. GOFF. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O’ahu, Hawaiian Islands, USA. **Journal of Medical Entomology** **23**: 520–531.
- EFREMOV, E.A. 1940. Taphonomy: new branch of paleontology. **Pan-American Geology** **74**: 81–93.
- EITEN, G. 1972. The Cerrado Vegetation of Brazil. **The Botanical Review** **38**: 201–327.

- FIEDLER, S. & M. GRAW. 2003. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. **Naturwissenschaften** **90**: 291–300.
- FINN, J.A. 2001. Ephemeral resource patches as model systems for diversity-function experiments. **Oikos** **92**: 363–366.
- FORBES, S.L.; B.H. STUART & B.B. DENT. 2005a .The effect of the burial environmental on adipocere formation. **Forensic Science International** **154**: 24–34.
- FORBES, S.L.; B.H. STUART & B.B. DENT. 2005b. The effect of the method of burial on adipocere formation. **Forensic Science International** **154**: 44–52.
- FORBES, S.L. 2008. **Postmortem and postburial interval of buried remains**. p. 225-246. *In*: M. TIBETT, & D O. CARTER. (Eds) **Soil analysis in forensic taphonomy: chemical and biologic effects of buried human remains**. Boca Raton: CRC Press. p. 340.
- FRANÇA, G.V. 2011. *Medicina Legal*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. p. 214.
- GALLOWAY, A. 1997. The process of decomposition: a model from the Arizona-Sonoran Desert. p. 139-149. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.
- GETTY, R. 1986. Sisson & Grossman: **Anatomia dos Animais Domésticos** (Volume 2) Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 1139–2000.
- GIFFORD, D.P. 1981. **Taphonomy and paleoecology: A critical review of archaeology's sister disciplines**. *In*: M.B. SCHIFER. **Advances in archaeological method and theory**. Academic Print. 443.

- GLINSKI, D. S.; KARNOK, K. J. & R.N. CARROW. 1993. Comparison of reporting methods for root growth data from transparent-interface measurements. **Crop Science** **33**: 310–314.
- GOFF, M.L.; M. EARLY; C.B. ODOM, & B. TULLIS. 1986. A preliminary checklist of arthropods associated with exposed carrion in the Hawaiian Island. **Proceedings Hawaii Entomology Society** **26**: 53–57.
- GOFF, M.L. 1991. Comparison of insect species associated with decomposing remains recovered inside dwellings and outdoors on the island of Oahu, Hawaii. **Journal of Forensic Sciences** **36**: 748–753.
- GOJANOVIĆ M. D. & D. SUTLOVIĆ. 2007. Skeletal Remains from World War II Mass Grave: from Discovery to Identification. **Croatian Medical Journal** **48**: 2-8.
- GREGORICH, E.G.; R.G. KACHANOSKII & R.P. VORONEY. 1988. Ultrasonic dispersion of aggregates: distribution of organic matter in size fractions. **Canadian Journal of Soil Science** **58**: 395–403.
- HAGLUND, W.D. 1997a. **Dogs and coyotes: postmortem involvement with human remains**, p. 367–379. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.
- HAGLUND, W.D. 1997b. Scattered Skeletal Human Remains: Search Strategy Considerations for Locating Missing Teeth, p. 383–394. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.

- HAGLUND, W.D. 1997C. **Rodents and Human Remains**. 405–413. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.
- HAGLUND, W.B.; D.T. REAY & D.R. SWINDLER. 1985. Tooth mark artifacts and survival of bones in animal scavenged human skeleton. **Journal of Forensic Sciences 33**: 985–997.
- HAGLUND, W.D.; M.A. DONALD; T. REAY & D.R. SWINDLER. 1989. Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the Pacific Northwest. **Journal of Forensic Sciences 34**: 587–606.
- HAGLUND, W.D. & M.H. SORG. 1997. **Introduction to forensic taphonomy**. 1–26. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.
- HAGLUND W.D. & M.H. SORG. 2002. **Advancing Forensic Taphonomy: Purpose, Theory and Practice**. p. 13-22. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Advances in Forensic Taphonomy: method, theory, and Archaeological Perspective**, Boca Raton: CRC Press, xv + 507 p.
- HAMON III, W. S., MCCHANG, A. G., ZENG, X. 2000. Forensic GPR: finite-difference simulations of responses from buried human remains. **Journal of Applied Geophysics. 45**: 171–186.
- HAMILTON, M.D. & M.K. SPRADLEY. 2011. Purported drug cartel use of vultures as a method for body disposal. **Journal of Forensic Identification 61**: 425–429.

- HASKELL N. H.; R.D HALL; V.J. CERVENKA & M.A. CLARK. 1997. **On the body: insect's life stage presence in their postmortem artifacts**, p. 415–448. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Forensic Taphonomy: the post mortem fate of human remains**, Boca Raton: CRC Press, xxvi + 636 p.
- HAYNES, G. 1982. Utilization and skeletal disturbances of North American prey carcasses. **Artic 35**: 226–281.
- HERTEL, F. 1995. Ecomorphological indicators of feeding behavior in recent and fossil raptors. **The Auk 112**: 890–903.
- HOLZ M. & M. SIMÕES. 2002. **Elementos Fundamentais de Tafonomia**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRS. p. 231.
- HOUSTON, D.C. 1986. Scavenging efficiency of turkey vultures in tropical forest. **The Condor 88**: 318–323.
- HUNTER, J.R. & S. DOCKRILL. 2002. **Recovering buried remains**. p. 40–57. *In*: J. HUNTER; C. ROBERTS & A. MARTIN (Eds). **Studies in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology**, Taylor & Francis Group. British Library Cataloguing, New York, USA, p.174.
- JANAWAY, R.C. 2002. The decay of buried human remains and their associated materials, p. 58–85. *In*: J. HUNTER; C. ROBERTS & A. MARTIN (Eds). **Studies in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology**, Taylor & Francis Group. British Library Cataloguing, New York, USA, p.174.
- KJORLIEN, Y.P.; O.B. BEATTIE & A.E. PETERSON. 2009. Scavenging activity can produce predictable patterns in surface skeletal remains scattering: Observations

and comments from two experiments. **Forensic Science International** **188**: 103–106.

KLINK, C.A. & R.B. MACHADO. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1: 147–155.

KLIPPEL, W.E. & J.A. SYNSTELIEN. 2007. Rodents as Taphonomic agents: bone gnawing by brown rats and gray squirrels. **Journal of Forensic Sciences** **52**: 765–773.

KOSMANN, C.; M.P. MACEDO; T.A.F. BARBOSA & J.R. PUJOL-LUZ. 2011. *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) and *Hemilucilia segmentaria* (Fabricius) (Diptera, Calliphoridae) used to estimate the postmortem interval in a forensic case in Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** **55**: 621–623.

KULSHRESTHA, P. & H. CHANDRA. 1987. Time since death - An entomological study on corpses. **American Journal of Forensic Medical Pathology** **8**: 233–238.

LANE, R. P. 1975. An investigation into blowfly (Diptera: Calliphoridae) succession on corpses. **Journal of Natural History** **9**: 581–588.

LARTET, E. 1860. On the coexistence of man with certain extinct quadrupeds proved by fossil bones, from various Pleistocene deposits bearing incisions made by Sharp instrument, M.G.S. **Quarterly Journal of the Geological Society of London** **16**: 471–479.

LEDO, R.M.D.; R.M. BARROS & J.R. PUJOL-LUZ. 2012. Sarcophagidae and Calliphoridae related to *Rhinella schneideri* (Anura, Bufonidae), *Bothrops moojeni* (Reptilia, Serpentes) and *Mabuya frenata* (Reptilia, Lacertilia) carcasses in Brasília, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** **56**: 377–380.

- LIEVERSE, A.R.; A.W. WEBER & O.I. GORIUNOVA. 2006. Human taphonomy at Khuzhir-Nuge XIV, Siberia: a new method for documenting skeletal condition. **Journal of Archaeological Science** **33**: 1141–1151.
- LORD, W.D.; M.L. GOFF; T.R. ADKINS & N.H. HASKELL. 1994. The black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae) as a potential measure of human postmortem interval: observations and case histories. **Journal of Forensic Sciences** **39**: 215–222.
- LYMAN, R.L. 1994. **Vertebrate mortality, skeletonization, disarticulation, and scattering**, p. 114–160. *In*: R.L. LYMAN (Ed). **Vertebrate Taphonomy: Cambridge Manuals in Archaeology**, Cambridge University Press.
- MALGOSA, A.; N. ARMENTANO; I. GALTÉS; X. JORDANA; M. SUBIRANA; E. GASSIOT; M. LUNA; C. LALUEZA & Q. SOLÉ. 2010. La antropología forense al servicio de La justicia y La historia: las fosas de La Guerra Civil. **Cuadernos de Medicina Forense** **16**: 65–79.
- MARCHIORI, C.H.; C.G. SILVA; E.R. CALDAS; C.I.S. VIEIRA; K.G.S. ALMEIDA; F.F. TEIXEIRA & A.X. LINHARES. 2000. Artrópodos asociados com carcaça de suíno em Itumbiara, sul de Goiás. **Arquivos do Instituto de Biologia** **67**: 167–170.
- MÉGNIN, P. 1894. **La fauna de Cadaveres: application de L'Entomologie a La Medecine Légale**. p. 214
- MISE, K.M.; L.M. ALMEIDA & M.O. MOURA. 2007. Levantamento da Fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. **Revista Brasileira de Entomologia** **51**: 358–368.

- MISE, K.M.; A.S.B. SOUZA; C.M. CAMPOS; R.L.F. KEPPLER & L.M. ALMEIDA. 2010. Coleoptera associated with pig carcass exposed in a Forest reserve, Manaus, Amazonas, Brasil. **Biota Neotropica** **10**: 321–324.
- MORTON, R.J. & W.D. LORD. 2002. **Detection and Recovery of Abducted and Murdered Children**, p. 151–171. *In*: W.D. HAGLUNG & M.H. SORG (Eds.), **Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspective**. Boca Raton: CRC Press, xv + 507p.
- MORTON, R.J. & W.D. LORD. 2006. Taphonomy of child-sized remains: a study of scattering and scavenging in Virginia, USA. **Journal of Forensic Sciences** **51**: 475–479.
- MOTTER, M.G. 1896. A contribution to the study of the fauna of the grave study of on Hundred and fifty disinterments, with some additional experimental observation. **New York Entomological Society** **6**: 201–231.
- MOURA, M.O. 2004. Variação espacial como promotor da coexistência em comunidades de insetos necrófagos. **Revista Brasileira de Zoologia** **21**: 409–419.
- MOURA, M.O.; CARVALHO, C.J.B. & E.L.A. MONTEIRO-FILHO. 1997. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, state of Paraná. **Memória Instituto Oswaldo Cruz** **92**: 269–274.
- MOURA, M.O.; E.L.A. MONTEIRO-FILHO & C.J.B. CARVALHO. 2005a. Heterotrophic Succession in Carrion Arthropod Assemblages. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **48**: 473–482.

- MOURA, M.O.; C.J.B. CARVALHO & E.L.A. MONTEIRO-FILHO. 2005b. Estrutura de comunidades necrófagas: efeito da partilha de recursos na diversidade. **Revista Brasileira de Zoologia** **22**: 1134–1140.
- NAWROCKI, S. 1995. **Taphonomic processes in historic cemeteries**, p. 46–66. *In*: GRAUER, M. (Ed.) **Bodies of Evidence**. John Wiley & Sons, 256p.
- NAWROCKI, S. 1996. **An Outline of Forensic Taphonomy**. University of Indianapolis Archeology & Forensics Laboratory Disponível on line em: <http://archlab.uindy.edu> acesso no dia 20/02/2010.
- NEGRÕES, N.; R. SOLLMANN; C. FONSECA; A.T.A. JÁCOMO; E. REVILLA & L. SILVEIRA. 2012. One or two cameras per station? Monitoring jaguars and other mammals in the Amazon. **Ecology Research** **27**: 639–648.
- NOBES, D.C. 2000. The search of “Yvonne”: A case Example of the Delineation of a grave using near-surface Geophysical Methods. **Journal of Forensic Sciences** **45**: 715–721.
- O'BRIEN, R.C.; S.L. FORBES; J. MEYER & I. DADOUR. 2010. Forensically significant scavenging guilds in the southwest of Western Australia. **Forensic Science International** **198**: 85–91.
- ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. p. 237.
- OLIVEIRA-COSTA, J.; G.S. DIAS & L. GOMES. 2007. **Padrão de Sucessão no Brasil**. *In*: J. OLIVEIRA-COSTA. **Entomologia Forense: Quando os insetos são vestígios**. Millenium, Campinas, p. 420.

- OLSON, E.C. 1980. **Taphonomy: Its history and role in community evolution**, p. 5–19. *In*: A.K. BEHRENSMEYER & A.P. HILL (Eds.), **Fossils in the marking: vertebrate taphonomy and paleoecology**. University of Chicago Press xii + 338.
- ONU, 1991. Manual sobre La prevención e investigación eficaces de lãs ejecuciones extralegales, arbitrãrias o sumarias. Manual de Investigación Forense con restos humanos en el Perú. Naciones Unidas, Nueva York. Disponível em: www.derechos.org/nizkor/peru/libros/fosas/cap1.html acesso em 03/04/2010.
- PAYNE, J.A. 1965. A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus. **Ecology** **46**:592–602.
- PAYNE, J.A. & E.W. KING. 1968. Arthropod succession and decomposition in buried pigs. **Nature** **219**: 1180–1181.
- PIPER, P.J. & T.P. O`CONNOR. 2001. Urban small vertebrate taphonomy: a case study from Anglo-Scandinavian York. **International Journal of Osteoarchaeology** **11**: 336–344.
- PORSANI, J.L.; W. R. BORGES; S. I. RODRIGUES & F.Y. HODO. 2006. O sítio controlado de geofísica rasa do IAG/USP: Instalação e resultados GPR 2D-3D. **Revista Brasileira de Geofísica** **24**: 49–61.
- PUJOL-LUZ, J.R.; L.C. ARANTES, & R. CONSTANTINO. 2008. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia** **52**: 485-492.
- PUJOL-LUZ, J.R.; P. FRANCEZ; A. URURAHY-RODRIGUES & R. CONSTANTINO. 2008. The black soldier-fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), used to estimate the postmortem interval in a case in Amapá State, Brazil. **Journal of Forensic Science** **53**: 476–478.

- REED, H.B. 1958. A study of dog carcasses communities in Tennessee, with the special reference to the insects. **American Midland Naturalist** **59**: 213–245.
- REEVES, M.A. 2009. Taphonomic effects of vulture scavenging. **Journal of Forensic Sciences** **54**: 523–528.
- REIS, N.R.; A.L. PERACHI; W.A. PEDRO & I.P. LIMA. 2006. **Mamíferos do Brasil: Guia de Identificação**. Universidade Estadual de Londrina, 437p.
- RICHARDS, E.N. & M.L. GOFF. 1997. Arthropod succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii Island, Hawaii. **Journal of Medical Entomology** **34**: 328–339.
- RICKLEFS, R.E. 2010. **Economia da Natureza**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 546p.
- RIPPLEY, A.; N.C. LARISON; K.E. MOSS; J.D. KELLY & J.A. BYTHERMAY. 2012. scavenging behavior of *Lynx rufus* on human remains during the winter months of Southeast Texas. **Journal of Forensic Sciences** **57**: 699–705.
- RODRIGUEZ, W.C. 1997. **Decomposition of buried and submerged bodies**, p. 459–467. *In*: W.D. HAGLUND. & SORG M.H. (Eds) **Forensic Taphonomy: the postmortem fate of human remains**. CRC Press, Boca Raton, xxvi + 636.
- RODRIGUEZ, W.C. & W.M. BASS.1985. Decomposition of Buried Bodies and Method That May Aid in Their location. **Journal of Forensic Sciences** **30**: 836–852.
- RUFFELL, A. 2005. Searching for the IRA “Disappeared”: Ground-Penetrating Radar investigation of a Churchyard burial site, Northern Ireland. **Journal of Forensic Sciences** **50**: 1–6.

- RUXTON, G.D. & D.C. HOUSTON. 2004. Obligate scavengers must be soaring fliers. **Journal of Theoretical Biology** **228**: 431–436.
- SAZIMA, I. 2007. The jack-of-all-trades raptor: versatile foraging and wide trophic role of the Southern Caracara (*Caracara plancus*) in Brazil, with comments on feeding habits of the Caracarini. **Revista de Ornitologia Brasileira** **15**: 592–597.
- SCHOLTZ, C.H. 1990. Revision of the Trogidae of South America. **Journal of Natural History** **24**: 1391–1456.
- SCHULTZ, J.J. 2003. **Detecting buried remains in Florida using ground-penetrating radar**. Dissertação. Gainesville, FL: University of Florida.
- SCHULTZ J.J.; M.E. COLLINS & A.B. FALSETTI. 2006. Sequential monitoring of burials containing large pig cadavers using Ground-Penetrating Radar. **Journal of Forensic Sciences** **51**: 607-616.
- SCHULTZ, J.J. 2007. Variables affecting the gross decomposition of buried bodies in Florida: controlled graves using pigs (*Sus scrofa*) cadaveres as a proxy for human bodies. **Florida Scientist** **70**: 157–165.
- SCHULTZ, J.J. & M.M. MARTIN. 2012. Monitoring controlled graves representing common burial scenarios with ground penetrating radar. **Journal of Applied Geophysics** **83**: 74–89.
- SICK, H. 1997. **Ornitologia brasileira, uma introdução**. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 862p.
- SMITH, G.V. 1986. **A Manual of forensic entomology**. Britisch Library Cataloging in Publications Data. 205p.

- SOUTO, H.N. 2008. **Ecologia de Interação entre *Coragyps atratus* (Bechstein, 1793) e *Caracara plancus* (Miller, JR, 1777) no município de Uberlândia, MG.** Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais – Universidade Federal de Uberlândia.
- SOUZA, A.M. & A.X. LINHARES. 1997. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. **Medical and Veterinary Entomology 11**: 8–12.
- SOUZA, A.S.B., F.D. KIRST & R.F. KRÜGER. 2008. Insect of forensic importance from Rio Grande do Sul state in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia 52**: 641–646.
- SPRADLEY, M.K.; M.D. HAMILTON & A. GIORDANO. 2012. Spatial patterning of vulture scavenged human remains. **Forensic Science International 219**: 57–63.
- STEFANI, T. 1921. The importance of applied entomology in social economy legal entomology in relation of dead bodies. **Review of Applied Entomology 9**: 121.
- TIBBETT M. & D.O. CARTER (Eds). 2008. **Soil analysis in forensic taphonomy: chemical and biological effects of buried human remains**, Boca Raton, CRC Press, xii + 340 p.
- TURNER, B. & P. WILTSHIRE. 1999. Experimental validation of forensic evidence: a study of the decomposition of buried pigs in a heavy clay soil. **Forensic Science International 101**: 113–122.
- URURAHY-RODRIGUES, A.; J.A. RAFAEL; R.F. WANDERLEY; H. MARQUES & J.R. PUJOL-LUZ. 2008. *Coprophanaeus lancifer* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Scarabaeidae)

activity moves a man-size pig carcass: relevant data for forensic taphonomy.

Forensic Science International 182: 19–22.

VAN DAM, R.L. 2001. **Causes of ground-penetration radar reflections in sediment.**

Tese. Vrije Universiteit Amsterdam.

VARGAS, R.; M.S. BÓ & M. FAVERO. 2007. Diet of the Southern Caracara (*Caracara plancus*) in Mar Chiquita Reserve, Southern Argentina. **Journal of Raptor**

Research 41: 113–121.

VASS, A.A.; W.M. BASS; J. D. WOLT; J.E. FOSS & J.T. AMMONS. 1992. Time since death determination of human cadavers using soil solution. **Journal of Forensic**

Science 37: 1236–1253.

WELLS, J.D. & B. GREENBERG. 1992. Interaction between *Chrysomya rufifacies* and *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae): the possible

consequences of an invasion. **Bulletin of Entomological Research 82:** 133–137.

WOLFF, M.; A. URIBE; A. ORTIZ & P. DUQUE. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. **Journal of Forensic Sciences 120:** 53–59.