

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Formigas Associadas às Vinhas da Região de Évora

Eunice Cassova Venâncio

Orientador(es) | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira
João Tiago Sabino Lino Marques

Évora 2020



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

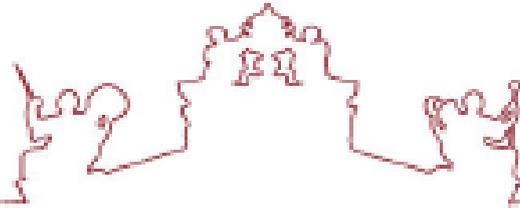
Dissertação

Formigas Associadas às Vinhas da Região de Évora

Eunice Cassova Venâncio

Orientador(es) | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira
João Tiago Sabino Lino Marques

Évora 2020



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | Amália Maria Marques Espiridão de Oliveira (Universidade de Évora) (Orientador)
D. Figueiredo (Universidade de Évora) (Arguente)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Senhor eterno da minha vida, pela proteção que me concedeu ao longo da realização deste mestrado, e, principalmente porque sempre soube colocar no meu caminho, gente certa, para que os seus propósitos na minha vida, se concretizem.

Um especial agradecimento ao professor Jorge Araújo, que tudo fez para que eu conseguisse chegar a Portugal e realizar o mestrado. Nunca serei suficientemente grata. Peço unicamente que Deus o possa retribuir o que ele fez por mim.

Agradeço aos meus orientadores Doutora Amália Espiridião Oliveira e ao Doutor João Tiago Marques, pela confiança que a mim depositaram, o acompanhamento e orientação constantes, o incentivo, bem como a leitura crítica do texto, o que permitiu realizar esta dissertação com o rigor que a mesma possui.

Aos meus professores da licenciatura em Biologia pela Universidade Metodista de Angola, Rui Raimundo, Joaquim Caeiro, Dora Neto e Carla Cruz, que me prestaram todo apoio necessário, aquando da minha chegada a Portugal. Sem eles certamente teria muito mais dificuldades.

À Doutora Rita Azedo, expresso a minha gratidão por todo apoio que me prestou, tanto na identificação das formigas, quanto a disponibilização de artigos que foram de extrema importância para a escrita desta dissertação. O meu muito obrigada.

Agradeço aos Serviços de Ação Social da Universidade de Évora pela atribuição da bolsa de estudo FASE-UÉ que permitiu a concretização deste mestrado, em especial à Dra. Rita Martins pelo acompanhamento e direção ao longo destes 2 anos.

À Universidade Metodista de Angola, quero agradecer o apoio prestado para que viesse a Portugal para a frequência do mestrado. Agradeço em especial o Professor Doutor Miranda Kilanda, por ter aceito fazer a proposta e ter acompanhado todo o processo para que a Universidade me pudesse dispensar.

À minha família em especial: pai e mãe João Venâncio e Alexandrina Ngungo, aos meus irmãos António Mandante, Evaristo Sanguve, Samuel Venâncio, Isaías Venâncio,

Valeriana Venâncio “*in memoriam*”, João Venâncio, Jerónimo Venâncio, Simão Venâncio, Armindo Venâncio, Fernanda Venâncio e Adolfo Venâncio, enquanto exemplos de amor e perseverança, a minha mais sincera gratidão.

Ao Zacarias Jorge pela presença na minha vida, pelo apoio incondicional e incentivo constante, para que pudesse terminar a dissertação. Muito obrigada.

Ao amigo que fiz durante esse percurso, Domingos Cordeiro, pela amizade e irmandade. O meu muito obrigada por todo apoio.

Um especial agradecimento ao casal Renato e Rosângela, pela tão valiosa amizade, e, por estarem sempre disponíveis para prestar qualquer apoio.

Aos meus amigos, Eugénio Chova Calesse, Madalena Gombo e Adriana Samuto, por me aceitarem exatamente como sou, por estarem sempre presentes na minha vida e por todo apoio moral durante a concretização deste trabalho.

A todos amigos e amigas, que não cabem nomeá-los aqui, que me encorajaram nos momentos de fraqueza e desespero e os que oraram por mim, agradeço e, que Deus possa vos retribuir com muitas bênçãos.

A todos os meus professores, não só os da Universidade de Évora, mas todos os que desde o início da minha vida escolar e académica me transmitiram o seu precioso conhecimento.

Aos membros da Unidade de Biologia de Conservação da Mitra por toda ajuda que me prestaram nesse trabalho.

A Catarina Freixial, que, juntamente a sua família ofereceram-me uma amizade sem medida e receberam-me como membro da família nos natais durante estes 2 anos de mestrado. Como sempre os digo, são a minha família em Portugal.

Ao David Germano, do Museu Virtual da Biodiversidade de Évora, agradeço o apoio no registo fotográfico de algumas espécies de formigas.

A todos que me prestaram apoio direto ou indireto para a concretização deste trabalho, que, por esquecimento não os tenha mencionado, o meu muito obrigada.

A realização deste mestrado, é o concretizar de um dos maiores sonhos que almejei na minha vida acadêmica. Deste modo, quero agradecer a todos vocês, por me terem ajudado a realizá-lo. Obrigada.

RESUMO

A agricultura representa a forma dominante de uso do solo em todo mundo. Esta prática afeta os macroinvertebrados do solo incluído as formigas. Poucos trabalhos foram realizados no país, sobre as formigas associadas às culturas agrícolas, nomeadamente as vinhas. Com o objetivo de conhecer a diversidade e a abundância de espécies de formigas em vinhas na região de Évora e compreender o impacto da sua gestão na comunidade de formigas, efetuaram-se, entre abril e junho de 2018, amostragens em 31 vinhas da região, nas Herdades do Esporão, do Passareiro, de Coelheiros, da Mitra e da Fundação Eugénio de Almeida. Foram recolhidos 23.464 exemplares de formigas, pertencentes a 4 subfamílias, 15 géneros e 26 espécies. Os géneros *Aphaenogaster*, *Tapinoma* e *Messor* foram os mais diversos com 3 espécies em cada um. A espécie *Tapinoma nigerrimum* é a mais representada com o total de 6644 indivíduos. Dezoito das espécies identificadas são omnívoras. Em relação ao tipo de gestão da vinha, proteção integrada ou produção biológica, não existiram diferenças significativas quanto a abundância e a riqueza de formigas. Contudo, identifiquei uma relação positiva entre a abundância de formigas e a cobertura de herbáceas nas entrelinhas das vinhas em junho. Os índices de diversidade demonstraram haver uma relação negativa com o tamanho das folhas da vinha em abril. Estes resultados indicam que a gestão da vinha tem influência na abundância e riqueza de formigas, que providenciam importantes serviços de ecossistema, como a melhoria da estrutura do solo e a predação de alguns artrópodes prejudiciais para a vinha. Com este trabalho espera-se ter contribuído no conhecimento da diversidade de espécies de formigas e da sua distribuição em Portugal, principalmente no sul do território.

Palavras-chave: Formicidae, Gestão da Vinha, Cobertura de Herbáceas, Entrelinha da Vinha, *Tapinoma nigerrimum*

ABSTRACT

ANTS ASSOCIATED WITH THE VINES OF THE ÉVORA REGION

Agriculture represents the dominant form of land use worldwide. This practice affects the macroinvertebrates of the soil including ants. Few work has been carried out in Portugal on ants associated with agricultural crops, namely vineyards. In order to know the diversity and abundance of ant species in vineyards in the Évora region and to understand the impact of its management on the ant community, samples were carried out between April and June 2018 in 31 vineyards in this region. A total of 23,464 ant specimens belonging to 4 subfamilies, 15 genera and 26 species were identified. The genera *Aphaenogaster*, *Tapinoma* and *Messor* were the most diverse with 3 species in each. The species *Tapinoma nigerrimum* is the most represented with a total of 6644 individuals. Eighteen of the identified species are omnivorous. Regarding the type of vineyard management, integrated protection or biological protection, there were no significant differences regarding the abundance and richness of ants. However, I found a positive relationship between the abundance of ants and the herbaceous cover between vine rows in June. The diversity indexes showed a negative relationship with the size of the leaves of the vineyard in April. These results show that the vineyard management influences both ant abundance and species richness thus, the ecosystem services that they provide, mainly improving soil structure and the predation of some arthropod pests. With this work it is expected to have contributed to the knowledge of the diversity of ant species and their distribution in Portugal, mainly in the south of the territory.

Keywords: Formicidae; Vineyard Management, Grass Cover, Between Vine Rows, *Tapinoma nigerrimum*

ÍNDICE GERAL_Toc58440025

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DAS FIGURAS	X
ÍNDICE DAS TABELAS	XI
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 Taxonomia, Morfologia e Ecologia de Formigas	15
1.1. Anatomia externa	15
1.2. Ecologia	17
CAPÍTULO 2 MATERIAIS E MÉTODOS	22
2.1. Área de Estudo	22
2.2. Amostragem e Identificação de Formigas	23
2.3. Variáveis Explicativas	25
2.4. Análise estatística e tratamento dos dados	27
2.4.1. Exploração dos dados	28
2.4.2. Análise estatística	28
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	30
3.1. Abundância e Riqueza de Espécies	30
3.2. Índices de Diversidade	35
3.3. Modelos Ecológicos	36
CAPÍTULO 4 DISCUSSÃO	39
4.1. Abundância e Riqueza Específica das Formigas	39
4.2. Gestão da Vinha	41
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES FINAIS	43
CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS	45
CAPÍTULO 7 ANEXOS	54

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1. Aspectos morfológicos das formigas	16
Figura 2. Localização das vinhas amostradas.....	23
Figura 3. Armadilha de queda do tipo pitfall (à esquerda) colocada na entrelinha. Telhado a cobrir a armadilha (à direita) (A. Oliveira, 2019).....	24
Figura 4. Espécies de formigas identificadas no presente a: <i>Amblyopone gaetulica</i> ; b: <i>Aphaenogaster senilis</i> ; c: <i>Aphaenogaster dulcinea</i> ; d: <i>Aphaenogaster gibbosa</i>	31
Figura 5. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. e: <i>Camponotus cruentatus</i> g: <i>Crematogaster aubert</i> f: <i>Camponotus lateralis</i> ; h: <i>Crematogaster scutellaris</i>	31
Figura 6. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. n: <i>Messor capitatus</i> ; o: <i>Messor structor</i> ; p: <i>Plagiolepis pygmaea</i> . q: <i>Pheidole pallidula</i>	32
Figura 7. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. i: <i>Lasius brunneus</i> ; j: <i>Formica fusca</i> ; l: <i>Gonioma hispanicum</i> . m: <i>Messor barbarus</i>	32
Figura 8. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. r: <i>Tapinoma erraticum</i> ; s: <i>Tapinoma simrothi</i> ; u: <i>Temnothorax recedens</i> . t: <i>Tapinoma nigerrimum</i>	33
Figura 9. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. v: <i>Tetramorium semilaeve</i> ; x: <i>Tetramorium caespitum</i> . Z: <i>Tetramorium forte</i>	33
Figura 10. Grupos tróficos a que pertecem as formigas identificadas. Gra: Granívoras; Omn: Omnívoras; Opr: Omnívoras Predadoras	34
Figura 11. Variação do número de espécie por tipo de gestão. BIO: proteção biológica; PI: proteção integrada.....	34

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1. Variáveis de Gestão das vinhas amostradas	25
Tabela 2. Número de indivíduos de cada espécie identificada e quantidade de locais de amostragem em que foram encontrados	30
Tabela 3. Valores dos índices de diversidades dos 31 locais amostrados.....	35
Tabela 4. Variável de gestão % de cobertura de herbáceas em junho (c_herb06) e sua correlação com a abundância das formigas nos locais amostrados	36
Tabela 5. Variáveis de gestão e sua correlação com a riqueza de espécies de formigas nos locais amostrados.....	37
Tabela 6. Variáveis de gestão e sua correlação com a abundância da formiga <i>Tapinoma nigerrimum</i> nos locais amostrados.....	37
Tabela 7. Variável de gestão e os resultados da correlação com os índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson (D) e Pielou (J').....	38

INTRODUÇÃO

Objetivos do trabalho no contexto da viticultura, no Alentejo

A agricultura representa a forma dominante de uso do solo em todo mundo (Park, 2015; Masoni *et al.*, 2017), com aproximadamente 40% da superfície da terra usada para este fim. Em muitos países, nomeadamente da Europa, esse número chega a ser consideravelmente mais elevado, na medida em que as terras agrícolas estão sob práticas intensivas destinadas a potencializar a produção de alimentos (Park, 2015). A expansão das áreas cultivadas representa uma ameaça séria à biodiversidade a uma escala global (Green *et al.*, 2005; Morris & Winter, 2010), o que tem levado a adoção de várias práticas que visam minimizar esses impactos, tornando a agricultura uma atividade sustentável que possa contribuir para a exploração equilibrada do meio (Munhae *et al.*, 2014).

A vitivinicultura é uma atividade de elevada importância económica. Na região mediterrânica, uma grande parte da superfície usada para agricultura é ocupada por essa cultura (Gonçalves *et al.*, 2018). Em Portugal, a vitivinicultura no contexto do setor agrícola geral do país representa aproximadamente 14% da área total plantada e 6% do total das produções (INE, 2016). A área de vinha plantada em Portugal Continental em 2018 era de 187.562 hectares (IVV, 2018); a produção nacional mostrou uma ligeira diminuição em relação a década anterior, que pode ser principalmente atribuída à diminuição gradual das áreas cultivadas. No entanto, Portugal é atualmente o 9º produtor de vinho e o 9º exportador do mundo (IOV, 2019).

Do ponto de vista ecológico, a vitivinicultura tem efeitos ambientais significativos porque grande parte dessas áreas apresentam ecossistemas simplificados, devido à homogeneização da paisagem, o que representa uma ameaça à biodiversidade. As práticas agrícolas para impedir que as pragas e doenças danifiquem a videira, implicam que os agricultores usem herbicidas, fungicidas, inseticidas e nutrientes inorgânicos (Aranda *et al.*, 2005; Rosado *et al.*, 2013), o que tem também grandes impactos ecológicos.

Os pesticidas utilizados na proteção da videira são também uma fonte de poluição ambiental. Por esta razão, a introdução de novos métodos destinados a

redução de produtos químicos e a adoção de alternativas menos poluentes é necessária, garantindo, no entanto, os rendimentos, bem como a qualidade da uva e do vinho (Gabel, 2019).

O conceito de “*vinecology*”, recentemente desenvolvido por Viers *et al.* (2013), que integra práticas ecológicas e vitícolas, traz soluções vantajosas para a gestão da vinha e a conservação da natureza. Este conceito considera a paisagem agrícola como sendo parte da paisagem natural circundante, onde o objetivo é alcançar uma paisagem diversificada que traga benefício económico sustentável, proteção das espécies e habitats, além de fornecer, a longo prazo, os serviços de ecossistema.

Entre os organismos afetados pelas práticas agrícolas, nomeadamente a vitivinicultura, os invertebrados do solo estão entre os mais vulneráveis (Badji *et al.*; 2004; Gonçalves *et al.*, 2018). Dentre estes, as formigas merecem atenção especial, pois desempenham um papel importante na dinâmica dos ecossistemas terrestres, onde afetam a estrutura e o funcionamento das comunidades de artrópodes (Sanders & Platner, 2007; Ottonetti *et al.*, 2010), sendo designadas como “engenheiras dos ecossistemas”.

Em Portugal existem vários trabalhos feitos sobre formigas. Por exemplo (Tinau & Ruano, 1994) estudaram a composição da comunidade de formigas da serra da Estrela, Zina *et al.* (2015) em eucaliptos das regiões centro e sul do país, onde verificaram o papel das formigas nesse ecossistema, Zina (2017) em cultura de citrinos no sul do país, que comparou a comunidade de formigas de três diferentes tipos de solo, e, também, em vinhas (Gonçalves *et al.*, 2017) onde estudaram a composição da comunidade de formigas, e o seu padrão de coocorrência entre estas e as aranhas, nas vinhas da região demarcada do Douro. No entanto, é necessário aprofundar melhor o papel das formigas como agentes de limitação natural, bem como a sua influência na dinâmica e funcionamento da comunidade de artrópodes do ecossistema de vinhas.

Neste contexto, o trabalho que se realizou visa contribuir para um melhor conhecimento do agroecossistema vinha, no Alentejo, tendo presente a necessidade de apurar a sua gestão na perspetiva da minimização dos impactos sobre a biodiversidade. Assim, considerou-se importante conhecer:

1. As espécies de formigas que ocorrem nas vinhas da região de Évora, no que concerne a diversidade e a abundância;
2. Compreender o impacto que a gestão das vinhas produz nas comunidades de formigas.

CAPÍTULO 1 Taxonomia, Morfologia e Ecologia de Formigas

As formigas são insetos sociais que vivem em comunidades de dimensão variável, desde alguns indivíduos a centenas de milhares, dependendo do comportamento das espécies. Colonizam todos os ecossistemas terrestres, devido à sua territorialidade, à relativa estabilidade das suas populações e à diversidade de grupos tróficos (Del Toro *et al.*, 2012; Lebas *et al.*, 2017). Ocupam inúmeros habitats e estão amplamente distribuídas, desde o nível do mar até cerca de 3.000 m de altitude (Lebas *et al.*, 2017).

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera e à família Formicidae, englobando mais de 12.000 espécies e 200 géneros em todo o mundo. Na Península Ibérica, existem cerca de 270 espécies, distribuídas por mais de 40 géneros diferentes (Gómez & Espadaler 2007; Boieiro *et al.*, 2009). Em Portugal, estão representadas seis subfamílias: Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae, Leptanillinae, Ponerinae e Amblyoponinae. Conhecem-se até ao momento 126 espécies, no entanto, este número pode aumentar (Boieiro *et al.*, 2009) se se confirmar a ocorrência da espécie *Formica pyrenaea* (Collingwood & Yarrow 1998) e a descrição formal de um novo *taxa* conhecido como ocorrendo em Portugal, a *Proformica* sp..

1.1. Anatomia externa

Como todos os insetos, o corpo das formigas está composto por vários segmentos repartidos em três grupos funcionais: cabeça, tórax, abdómen, 3 pares de patas e por vezes 2 pares de asas. No entanto, existem algumas características que separam esta família dos demais insetos: a fusão do tórax com o primeiro segmento do abdómen, chamado *propodeo*, formando o *mesossoma* e a constrição ou estreitamento que existe entre o propodeo e o resto do abdómen (*gastro*), que pode apresentar um ou dois nódulos chamados pecíolo e pós-pecíolo (fig.1) (Lebas *et al.*, 2017).



Figura 1. Aspectos morfológicos das formigas (Adaptado de lamarabunta.org, 2019). 1: Pre-tarso. 2: Tarso. 3: Funiculo. 4: Escapo. 5: cabeça. 6: Pronoto. 7: Mesonoto. 8: Propodeo. (o conjunto 6, 7 e 8 formam o mesossoma). 9: pecíolo. 10: Gastro. 11: Coxa. 12: Trocânter. 13: Fémur 14: Tíbia

A anatomia externa das formigas é descrita por Gómez & Espadaler, (2007) como segue:

Cabeça

A cabeça das formigas suporta muitos órgãos sensoriais (fig.2). As formigas possuem olhos compostos que são formados por um número variável de omatídeos.

As antenas são formadas por três partes: o *bulbo condilar*, parte que é inserida na cavidade antenal, o *escapo*, o primeiro segmento antenal, que é muito mais longo que os demais, e o *funiculo antenal*, que é o conjunto dos artículos. O funículo pode ter entre 4-12 artículos, mas alguns machos podem apresentar 13 artículos. Os últimos dois, três, quatro ou cinco artículos podem formar uma massa, que é importante para a identificação das espécies. Na parte anterior da cabeça encontram-se o *clípeo* e as *mandíbulas*.

Mesosoma

O *mesossoma* é resultante da fusão do tórax com o primeiro segmento abdominal, o *propodeo*. Este apresenta uma *sutura mesonotal*, que separa o pronoto do mesonoto e uma *sutura propodeal*, que separa o mesonoto do propodeo. A rainha e os

machos reprodutores, às vezes apresentam asas. Estas apresentam uma venação que, embora bastante reduzida, é de significativa importância taxonómica.

As patas são divididas em cinco partes principais: a *coxa*, o *trocânter*, o *fêmur*, a *tíbia* e os *tarsos* (fig. 1). A presença de pelos, quetas e o número e formato dos esporões da tíbia é fundamental para a identificação dos diferentes géneros.

Gastro

É formado pelos segmentos abdominais posteriores ao pecíolo. O sétimo segmento é formado pelo *pigídeo* e o *hipopígeo*. O gastro é revestido por uma membrana muito fina que une os segmentos abdominais entre si, o que permite uma variação muito importante do seu volume em função da quantidade do alimento ingerido. Em muitos géneros, há um orifício visível no final do abdómen, usado para defesa e predação. Nos casos mais extremos, como na subfamília Formicinae, este orifício excreta substâncias químicas defensivas.

Muitos géneros de formigas possuem o ovipositor transformado em aguilhão picador associado a uma glândula venenosa. Em Portugal, as seguintes subfamílias possuem aguilhão: Leptanillinae, Myrmicinae, Ponerina e Amblyoponinae. Em algumas espécies de Myrmicinae, este órgão está modificado e não pica (*Crematogaster*). Nas subfamílias Dolichoderinae e Formicinae, este órgão está atrofiado.

1.2. Ecologia

Vários autores mencionam as formigas como “engenheiras” dos ecossistemas (Folgarait, 1998; Sanders & van Veen, 2011; Del Toro *et al.*, 2012; Wills & Landis, 2017) devido ao seu comportamento social que implica a construção de ninhos, o que altera a estrutura física e química do solo. Wills & Landis (2017) mencionam três fatores devidos aos quais as formigas alteram os nutrientes e pH do solo: a movimentação de partículas do solo na construção de ninho, a mudança da solubilidade causada pelas condições climáticas do ninho e os alimentos que estas transportam para os ninhos tais como vegetais e outros artrópodes, que são ricos em fósforo, azoto e potássio tendendo a aumentar a disponibilidade destes nutrientes no solo. Com isto, afetam direta ou

indiretamente o fluxo de energia e matéria nos diferentes níveis tróficos e consequentemente, o funcionamento do ecossistema (Folgarait, 1998). A construção e manutenção de ninhos, pode também ter uma influência positiva para os decompositores microbianos, o que vai permitir a integração dos nutrientes no solo (Wills & Landis, 2017). As formigas têm também um papel resiliente na manutenção da qualidade do solo, dada a sua habilidade de sobreviver em agroecossistemas, ou outros tipos de perturbações do solo (Lobry De Bruyn, 1999).

Majer (1983) afirmou que as formigas possuem atributos para serem consideradas bioindicadores, pois, são importantes para a estrutura dos ecossistemas, reagem a uma série de parâmetros ambientais, podendo ser facilmente manuseadas e colonizam todos os ecossistemas terrestres. São também consideradas bioindicadores da qualidade do meio devido à sua diversidade em termos de grupos funcionais e por serem capazes de resistir a condições ambientais variáveis (Lobry De Bruyn, 1999; Berberich & Schreiber, 2013; Verdinelli *et al.*, 2017).

As formigas podem ser usadas como bioindicadoras da qualidade do solo, na medida em que respondem mais rapidamente às alterações climáticas, que as propriedades químicas e físicas ou outros parâmetros, durante os estágios de sucessão ecológica (Baretta *et al.*, 2011; Cardoso *et al.*, 2013), sendo que Segat *et al.* (2017) afirmam que diferentes géneros de formigas podem ser encontrados em cada um dos estágios de sucessão, dependendo das suas exigências ecológicas. Além disso, a riqueza de espécies de formigas é um parâmetro fácil e barato de medir, quando comparado com as análises químicas, físicas e microbiológicas.

Numa pesquisa feita sobre a comunidade de formigas em sobreiros da região mediterrânica, Verdinelli *et al.* (2017) verificaram que a monitorização da comunidade de formigas a longo prazo pode ser importante, visto que pode permitir uma avaliação eficaz das medidas de recuperação das florestas naturais. Segundo estes autores, um conhecimento aprofundado das respostas da comunidade de formigas às perturbações antropogénicas pode melhorar a precisão dos modelos preditivos destinados a compreender as causas do declínio do sobreiro mediterrânico.

Deste modo, as formigas podem ser utilizadas como indicadores para monitorizar a conservação assim como as práticas de gestão dos ecossistemas (Wills & Landis, 2017).

De acordo com Haney (1988) existem diferentes grupos de formigas, no que respeita a sua ecologia, nomeadamente aos tipos tróficos:

- a) Predadores: capturam com agressividade presas vivas. Estas podem ser predadoras estritas ou também podem ser coletores de melada.
- b) Omnívoras: estas formigas adaptam-se com facilidade aos ecossistemas por serem generalistas em termos de alimentos. Podem capturar presas vivas, recolher melada, e complementam a sua dieta com material vegetal (por exemplo as espécies *Tapinoma erraticum*, *Tapinoma nigerrimum*, *Tetramorium caespitum*, *Formica rufa*).
- c) Coletores de sementes: nidificam em espaços abertos, expostos, frequentemente quentes, nos limites das plantações; recolhem grande número de sementes (por exemplo, *Messor barbarus* e muitas espécies do género *Aphaenogaster*). Estas formigas podem complementar a sua dieta com partes de outros artrópodes que encontram durante o forrageio.
- d) Cortadores de folhas: estas formigas ocorrem em regiões tropicais e subtropicais. Cortam as folhas e levam-nas para os ninhos, onde será feita a cultura de fungos e assim se poderem alimentar desses.
- e) Coletores de melada: nidificam tanto em árvores, como no solo; interagem mutualisticamente com insetos herbívoros que excretam uma substância açucarada (melada) que apreciam; em troca, protegem os excretos de melada dos seus inimigos naturais; podem complementar a sua dieta alimentando-se de cadáveres de artrópodes ou ainda através da captura de presas vivas, na sua maioria artrópodes.

As formigas granívoras e omnívoras desempenham um papel preponderante na dispersão das sementes. Ao recolherem sementes para a sua alimentação, podem espalhá-las ao longo do caminho ou até mesmo deixá-las nos ninhos (Macmahon et al., 2000). Por exemplo, *Aphaenogaster* é um género considerado um dispersor fundamental de sementes de plantas herbáceas. Como dispersores de sementes, as formigas podem redistribuir sementes dentro de uma paisagem e ajudar a manter um

mosaico de diversidade de plantas (King, 1977).

As formigas interagem de diversas maneiras com outros macroinvertebrados do solo e desta forma têm influência na abundância, diversidade e comportamento destes (Gibb *et al.*, 2017; Wills & Landis, 2017). Estudos comprovam as interações entre as formigas e diferentes grupos de herbívoros. Por exemplo, Way *et al.* (1997), Buckley (1987) e Delabie (2001), referiram-se à interação entre formigas e homópteros. Outros estudos mencionam interações das formigas com as moscas brancas (Queiroz & Oliveira, 2001), e cochonilhas das famílias Pseudococcidae (Buckley, 1991; Samways, 1983; Franco *et al.*, 2000) e Coccidae (Bach, 1991, Buckley, 1991). De acordo com Way M.J. (1963) e Delabie (2001), uma das interações mais comuns são as associações com as cochonilhas Pseudococcidae e Coccidae, possivelmente, pela ausência ou reduzida mobilidade destas, ou pela abundância e qualidade da melada produzida. Estes autores referem que, talvez, por estas razões, seja comum observar, nestes insetos, várias adaptações morfológicas ou comportamentais, que têm por finalidade facilitar a interação com as formigas.

As formigas como predadoras, podem causar mortalidade em ovos, isso se atuarem por si só, ou em associação com outros predadores da comunidade em que estiverem inseridas. Atacam ovos de espécies de insetos que provocam danos em plantas, em muitos países e habitats diferentes. Por exemplo, de acordo com Way e Khoo (1992), no Sri Lanka, 100% dos ovos de *Opisina arenosella* foram mortos em 24 horas, pelas formigas da espécie *Monomorium floricola*. A espécie *Solenopsis invicta* fazia parte de um complexo de predadores que mataram mais de 70% dos ovos de *Heliothis virescens* em 24 horas, em algodão, onde a proporção de predadores e presas variava de 2: 1 a 200: 1. Na cana-de-açúcar, mais de 90% dos ovos e larvas de *Castnia licus* e 92% dos ovos de *Eldana saccharina* foram mortos por formigas. As formigas do género *Pheidole* são grandes predadores em complexos que podem matar mais de 95% dos ovos de *Alabama argilacea*.

Por um lado, as formigas predadoras podem ser benéficas para os sistemas agrícolas, porque podem controlar a densidade de artrópodes fitófagos, nomeadamente de lagartas (Sanders & Platner 2007). Wills & Landis (2017) verificaram que é necessário a densidade das formigas ser maior do que o grupo com o qual elas interagem, por predação, para que estas o consigam controlar. Por outro a exclusão das formigas de

um habitat pode aumentar o número de predadores e parasitóides e até mesmo de fitófagos, a menos que já fossem protegidos pelas formigas (Chong *et al.*, 2010; Sanders & van Veen, 2011).

As formigas podem também influenciar a densidade de outros artrópodes do solo, através do controlo dos seus inimigos naturais. Por exemplo, muito nemátodos e ácaros interagem mutualisticamente com as formigas, porque produzem uma melada muito apreciada pelas formigas por ser rica em carboidratos, em troca recebem proteção das formigas contra seus inimigos naturais, aumentando assim a sua densidade (Chong *et al.*, 2010; Sanders & van Veen, 2011).

Em relação às vinhas, existem pesquisas que estudam a ecologia e comportamento das formigas nesses agroecossistemas, como por exemplo Chong *et al.* (2010), que estudaram Influência das formigas nativas às comunidades de artrópodes das vinhas da Austrália, Munhae *et al.* (2014) que investigaram a composição da comunidade de formigas em vinhas infetadas e não infetadas pela cochonilha *Eurhizococcus brasiliensis* que é considerada uma das pragas mais importantes das vinhas do sul do Brasil de acordo com (Hickel *et al.* 2008), Masoni *et al.* (2017) que compararam a comunidade de formigas das vinhas com o tipo de gestão convencional e por proteção biológica na Itália e Gonçalves *et al.*, 2017) que estudaram a composição da comunidade de formigas, e o seu padrão de coocorrência entre estas e as aranhas, nas vinhas da região demarcada do Douro, em Portugal.

CAPÍTULO 2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado no distrito de Évora (Alentejo, Sul de Portugal), uma das mais importantes regiões vitivinícolas de Portugal, com muitos vinhos classificados como Denominação de Origem Controlada (Alentejo DOC). As vinhas ocupam quase 2% da área agrícola do distrito de Évora, no qual os principais usos do solo são os montados de sobro e azinho (40%), pastagens (34%), florestas (8%), culturas cerealíferas (6,5%) e olivais tradicionais e intensivos (5%) (DRAPA, 2013)

A paisagem é dominada por planícies com algumas colinas (a altitude varia entre 120 e 653 m acima do nível do mar (a.n.m), mas sobretudo entre 200-400 m a.n.m.). A região tem um clima tipicamente mediterrânico, com invernos amenos e verões quentes e secos (Peel et al., 2007). A temperatura média anual varia entre 14,8 e 16,1 graus Celcius (° C); enquanto que a precipitação média acumulada varia entre 486,7 e 832,8 milímetros (mm) (IPMA 2019).

Foram selecionados nove locais de estudo, correspondendo cada um a diferentes propriedades vitivinícolas. Nestes nove locais, selecionamos 31 parcelas de vinha (Fig. 2) com diferentes práticas de gestão. A distância máxima entre locais foi de 55 km e a mínima foi de 400m, a altitude das parcelas de vinha variou entre 188 e 361 m (a.n.m.). Todas as parcelas de vinha eram geridas segundo um de dois regimes: (1) proteção integrada (n = 17), ou (2) produção biológica (n = 14). O regime de proteção integrada combina diferentes práticas de controlo de pragas de modo a minimizar o uso de pesticidas e outras intervenções (Amaro, 2003). O regime de produção biológica não usa pesticidas sintéticos, mas pesticidas naturais como o cobre e o enxofre são aprovados para uso quando necessário (Machado, 2012). Nos dois regimes as culturas de cobertura, adubos e técnicas de disrupção do acasalamento podem ser utilizadas.

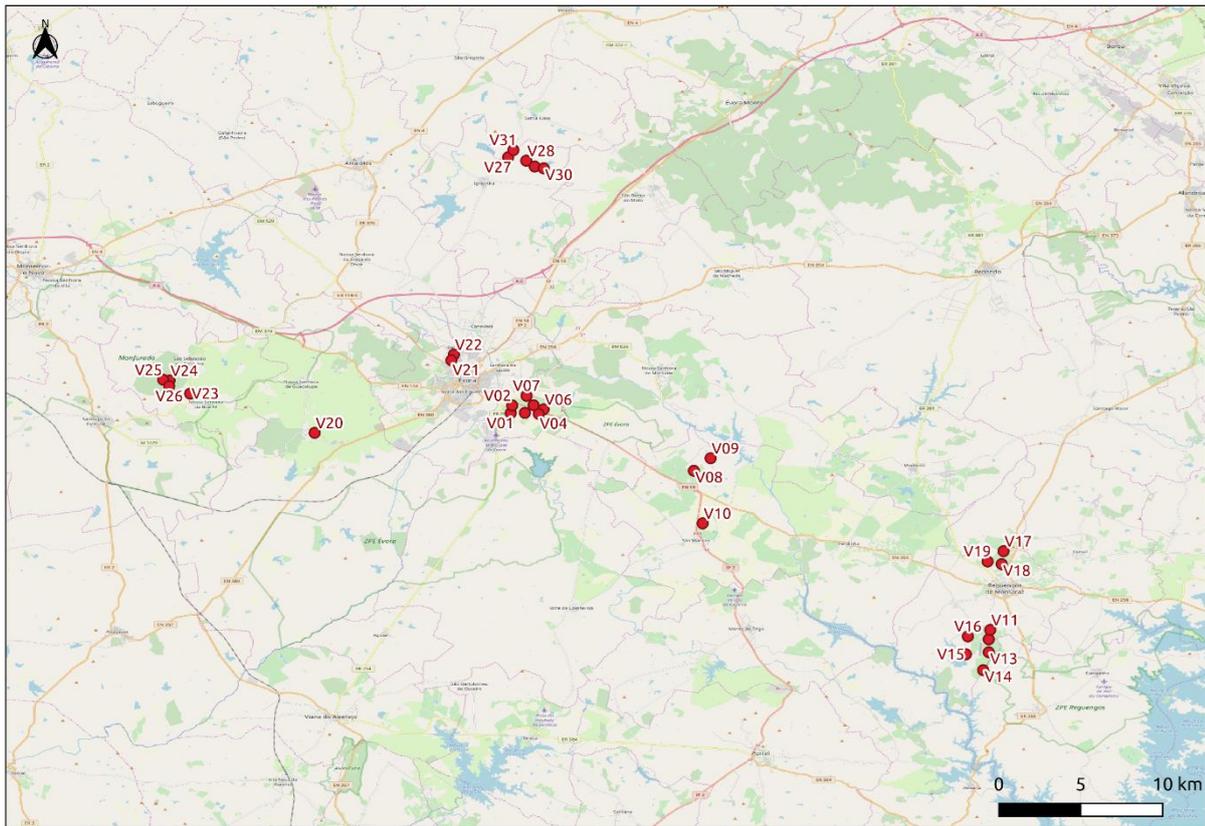


Figura 2. Localização das vinhas amostradas

2.2. Amostragem e Identificação de Formigas

A amostragem das formigas foi realizada com recurso às armadilhas de queda do tipo *Pitfall*. Estas armadilhas consistem num copo de plástico de 14 cm de profundidade e 8 de diâmetro, enterrado no chão, coberto com um “telhado” metálico, para evitar a queda de vertebrados, folhas ou água da chuva (fig.3). Dentro do copo, como conservante, colocou-se uma solução de etilenoglicol a 25% com gotas de detergente, para diminuir a tensão superficial.

Foram colocadas 5 armadilhas em cada um dos 31 locais, 4 armadilhas em quadrado nas linhas das videiras, com uma distância de 5 metros entre elas e uma no centro, na entrelinha das videiras, perfazendo um total de 155 armadilhas.



Figura 3. Armadilha de queda do tipo *pitfall* (à esquerda) colocada na entrelinha. Telhado a cobrir a armadilha (à direita) (A. Oliveira, 2019).

As armadilhas foram colocadas no solo no mês de abril e, de 15 em 15 dias, até ao início de junho, foi retirado o conteúdo das armadilhas, num total de 5 vezes. O conteúdo de cada armadilha foi retirado com auxílio de um passador e colocado num saco de plástico com álcool a 70%, devidamente etiquetado com data e local. As amostras foram guardadas no frigorífico até serem realizadas as triagens em laboratório.

Durante a triagem, separaram-se as formigas dos restantes artrópodes e foram todos guardados em tubos, etiquetados, em álcool a 70% para posterior identificação.

A identificação das formigas foi feita com o auxílio de uma lupa binocular de modelo “WILD M3” com um poder de ampliação 40X e com recurso aos seguintes guias de identificação: *Guia de Campo de Las Hormigas de Europa Occidental* de Lebas *et al.* (2017) e *A guide to ants of Continental Portugal (Hymenoptera: Formicidae)* de Collingwood, C. & Prince, A. (1998). Alguns espécimes foram confirmados pela Dra. Rita Azedo, especialista em formigas do Alentejo.

2.3. Variáveis Explicativas

Durante o período da amostragem foram recolhidas informações relacionadas com a gestão das vinhas e paisagem envolvente, para estudar a existência de eventuais relações entre estas e a abundância e riqueza de espécies. A tabela 1 apresenta a descrição das variáveis que foram medidas (altura da videira, média do perímetro do tronco das videiras (cm), distância entre videiras na linha(cm), média da altura das herbáceas na entrelinha (cm), altura das herbáceas em abril e junho (cm), largura da entrelinha (cm), altura da vinha em abril e junho (cm), comprimento das folhas nas videiras em abril e junho (cm) e altura do poste de armação da vinha (m)), contadas (média do número de rebentos das videiras), estimadas (% de cobertura de vinha em 100m, % de cobertura de solo, % de cobertura de herbáceas em abril e junho, % de cobertura de solo por água num raio de 100m e % de cobertura de vegetação lenhosa num raio de 100 m (árvores) e finalmente as que foram tidas com base nas informações dadas pelos gestores e proprietários das vinhas (tipo de gestão da vinha, gestão da entrelinha em abril e junho) e estas medidas das videiras, da gestão das vinhas e da paisagem dos locais de amostragem.

Tabela 1. Variáveis de Gestão das vinhas amostradas

Código	Descrição	Intervalo
Videira		
alt_vid	altura da videira	10-96
med_ptro	Media do perímetro do tronco das videiras (cm)	29,8 - 5,6
med_nreb	Media do número de rebentos das videiras	5,2 - 41,7
dist_vid	distancia entre videiras na linha(cm)	156 - 50
Gestão da vinha		
gestao	Tipo de gestão da vinha	Biológico Proteção Integrada
gest04		Lavrada Com herbáceas Herbáceas cortadas

Gestão da entrelinha em abril

gest06		Lavrada Com herbáceas Herbáceas cortadas
	Gestão da entrelinha em junho	
med_altel	Média da altura das herbáceas na entrelinha (cm)	0 - 37,6
alt_herb04	altura das herbáceas em abril (cm)	0,05 - 0,4
alt_herb06	altura das herbáceas em junho (cm)	0,05 - 0,6
larg_el	largura da entrelinha (cm)	202 - 300
c_vin	% de cobertura de vinha em 100m	25 - 90
alt_vin04	altura da vinha em abril (cm)	0,5 - 1
alt_vin06	altura da vinha em junho (cm)	1 - 1,9
fol_vin04	comprimento das folhas nas videiras em abril (cm)	0,5 - 6
fol_vin04	comprimento das folhas nas videiras em junho (cm)	8 - 16
c_sn	% de cobertura de solo	0 - 45
c_herb04	% de cobertura de herbáceas em abril	0 - 30
c_herb06	% de cobertura de herbáceas em junho	5 - 90
alt_vin	altura do poste de armação da vinha	1,1 - 1,85
Paisagem		
c_agua	% de cobertura de solo por água num raio de 100m	0 - 20
c_veglen	% de cobertura de vegetação lenhosa num raio de 100 m (arvores)	1 - 40

2.4. Análise estatística e tratamento dos dados

Os dados obtidos, após identificação das amostras, foram introduzidos em folhas de cálculo Excel. A partir da abundância total das formigas capturadas em cada um dos locais, foi calculada a abundância média por local. A riqueza específica (S) consiste no número de espécies capturadas em cada local. Assim, utilizando a abundância e riqueza específicas, calcularam-se vários índices, nomeadamente o Índice de Shannon-Wiener, também conhecido por Índice de diversidade total (H'), o Índice de Equidade de Pielou (J') e o Índice de Simpson (D).

O Índice de Shannon-Wiener (H') assume que os indivíduos são selecionados ao acaso e que todas as espécies estão representadas na amostra. Varia entre o valor 0, quando apenas existe uma espécie e logaritmo de S (número total de espécies da amostra) quando todas as espécies estão representadas pelo mesmo número de indivíduos (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Considera-se a diversidade tanto maior, quanto maior for o número de espécies, mas também a equitabilidade existente entre a quantidade de indivíduos de cada uma delas.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i), \quad p_i = \frac{n'_i}{N},$$

n'_i – número de indivíduos da espécie i

N – número total de indivíduos

O índice de Equidade de Pielou (J'), mede a proporção entre a diversidade observada em relação à máxima diversidade esperada. Varia entre 0 e 1, sendo 1 quando todas as espécies são igualmente abundantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

O Índice de Simpson (D) reflete a probabilidade de 2 indivíduos de uma mesma comunidade, selecionados ao acaso, pertencerem à mesma espécie. Este índice varia entre 0 e 1 e quanto maior for o valor de D menor é a diversidade (Moreno, 2001).

$$D = \sum p_i^2$$

2.4.1. Exploração dos dados

A exploração inicial dos dados decorreu da análise gráfica (gráficos de pontos, histogramas e caixas de bigodes) das variáveis resposta (abundância, riqueza específica e índices de diversidade) e das variáveis explicativas (gestão da vinha, cobertura de herbáceas, entre outras).

Foi avaliada a normalidade dos dados usando os histogramas e quando necessário foram testadas diferentes transformações para reduzir o efeito de valores extremos e obter distribuições das variáveis mais próximas da distribuição normal (Zuur et al. 2010).

2.4.2. Análise estatística

A identificação da influência da gestão da vinha e das variáveis ambientais na abundância, riqueza de espécies e índices de diversidade das formigas fez-se por modelação estatística, recorrendo a modelos lineares ou lineares generalizados.

Na primeira fase foram identificadas quais as variáveis explicativas (gestão de vinha e ambientais) com melhor relação com as variáveis resposta. De entre estas foi analisada a colinearidade, porque a correlação elevada entre variáveis explicativas introduz instabilidade numérica nos modelos estatísticos a utilizar. Quando foram detetadas variáveis explicativas com correlação elevada ($r \geq 0,7$) eliminou-se a que tinha menor relação com a variável resposta (ex: abundância de formigas) ou a que tinha menor significado biológico.

Depois comparámos os modelos univariados (relações entre uma variável explicativa e a variável resposta) de três tipos: modelos mistos com a herdade como fator aleatório (“mixed-models”), modelos de redução dos quadrados com um fator espacial (“gls” com as coordenadas de cada local amostrado) e os modelos lineares (“lm”). A seleção do melhor tipo de modelo teve por base o AICc (Critério de Aikake para amostras reduzidas). Os modelos lineares foram os que apresentaram melhores valores de AICc, portanto a análise foi feita por estes modelos.

Por fim, realizámos a seleção de variáveis explicativas dos diferentes modelos lineares, eliminando sucessivamente as variáveis com menor valor de probabilidade, para obter os modelos finais. Os pressupostos dos modelos lineares foram verificados pela análise gráfica dos resíduos dos modelos finais.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

3.1. Abundância e Riqueza de Espécies

Foram amostrados 31 locais e capturados 23.464 exemplares de formigas, 10.135 nas vinhas de produção biológica e 13.329 nas vinhas de proteção integrada, pertencentes a 4 subfamílias, 15 géneros e 26 espécies (Tabela 2). O valor médio de número de exemplares por ponto de amostragem foi de 757, e variou entre o mínimo de 116 e o máximo de 2.451 indivíduos (desvio padrão $sd= 304,89$). A vinha V10 foi a que teve maior número de exemplares, 2.451 seguido da vinha V02 com 2.416 exemplares.

Por local de amostragem obteve-se uma média de 13 espécies, sendo o valor menor de 7 e o maior valor de riqueza específica de 18. A vinha V04 possui o maior número de espécie, com um total de 18, seguida das vinhas V01, V02 e V16, com 17 espécies em cada. Em termos de números de exemplares para cada recolha, a primeira (R1) apresentou maior número, com um total de 11.148, seguida da segunda (R2) com 6.313 e da terceira (R3) com 6.003 exemplares.

Tabela 2. Número de indivíduos de cada espécie identificada e quantidade de locais de amostragem em que foram encontrados. Os valores a negrito indicam as três espécies com maior número de exemplares capturados.

Espécies	Nº de indivíduos	Nº locais captura
<i>Cataglyphis iberica</i>	10	1
<i>Amblyopone gaetulica</i>	19	8
<i>Aphaenogaster dulcinea</i>	7	1
<i>Aphaenogaster gibbosa</i>	137	4
<i>Aphaenogaster senilis</i>	4950	31
<i>Camponotus cruentatus</i>	163	21
<i>Camponotus lateralis</i>	22	8
<i>Crematogaster auberti</i>	412	26
<i>Crematogaster scutellaris</i>	51	7
<i>Lasius brunneus</i>	12	1
<i>Formica fusca</i>	274	22
<i>Iberoformica subrufa</i>	117	21
<i>Gonioma hispanicum</i>	6	1

<i>Messor barbarus</i>	4080	31
<i>Messor capitatus</i>	1044	26
<i>Messor structor</i>	512	20
<i>Pheidole pallidula</i>	598	25
<i>Plagiolepis pygmaea</i>	1185	28
<i>Plagiolepis schmitzii</i>	342	17
<i>Tapinoma erraticum</i>	247	12
<i>Tapinoma nigerrimum</i>	6644	31
<i>Tapinoma simrothi</i>	13	3
<i>Temnothorax recedens</i>	6	1
<i>Tetramorium caespitum</i>	692	28
<i>Tetramorium forte</i>	1410	30
<i>Tetramorium semilaeve</i>	505	28



Figura 4 Espécies de formigas identificadas no presente estudo (Adaptado de hormiga.org, 2020). a: *Amblyopone gaetulica*; b: *Aphaenogaster senilis*; c: *Aphaenogaster dulcinea*; d: *Aphaenogaster gibbosa*.



Figura 5. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. e: *Camponotus cruentatus* g: *Crematogaster auberti* (fotografias da autora do trabalho). f: *Camponotus lateralis*; h: *Crematogaster scutellaris* (Adaptado de hormiga.org, 2020).



Figura 6. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. i: *Lasius brunneus*; j: *Formica fusca*; l: *Gonioma hispanicum* (Adaptado de hormiga.org, 2020). m: *Messor barbarus* (fotografias E. Venâncio).



Figura 7. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. n: *Messor capitatus*; o: *Messor structor*; p: *Plagiolepis pygmaea* (Adaptado de hormiga.org, 2020). q: *Pheidole pallidula* (fotografias da autora do trabalho).



Figura 8. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. r: *Tapinoma erraticum*; s: *Tapinoma simrothi*; u: *Temnothorax recedens* (Adaptado de hormiga.org, 2020). t: *Tapinoma nigerrimum* (fotografias da autora do trabalho).

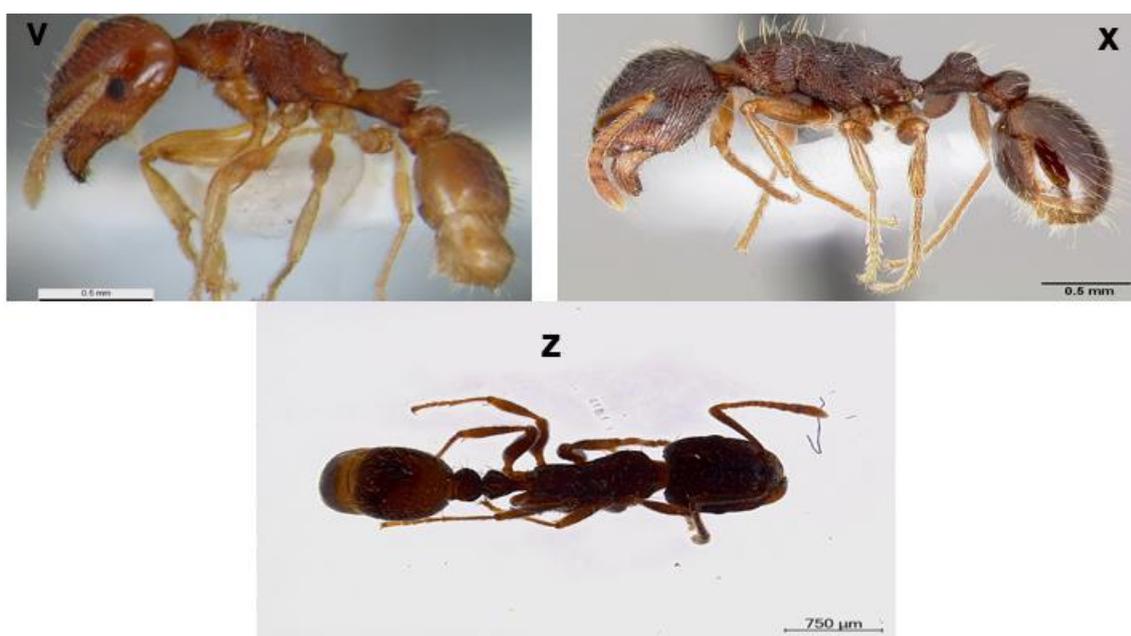


Figura 9. Espécies de formigas identificadas no presente estudo. v: *Tetramorium semilaeve*; x: *Tetramorium caespitum* (Adaptado de hormiga.org, 2020). z: *Tetramorium forte* (fotografia da autora do trabalho).

A espécie *Tapinoma nigerrimum* é a mais representada com o total de 6644 indivíduos, seguida das espécies *Aphaenogaster senilis* e *Messor barbarus* com 4950 e 4080 indivíduos respectivamente. Estas espécies foram também capturadas em todos os locais amostrados (tabela 2).

As espécies *Temnothorax recedens*, *Gonioma hispanicum* e *Aphaenogaster dulcinea* são as que tiveram menor representação com 6, 6 e 7 indivíduos respetivamente.

Nas três recolhas realizadas, 16 espécies estiveram sempre presentes. Os géneros amostrados com maior riqueza, 3 espécies cada um, foram *Aphaenogaster*, *Messor*, *Tapinoma* e *Tetramorium*.

As formigas capturadas pertencem a 3 grupos tróficos: 18 espécies omnívoras (Omn) (um total de 10169), 4 espécies omnívoras que também podem ser predadoras (Opr) (um total de 7185) e 4 espécies granívoras (Gra) (um total de 5660 indivíduos) (Gráfico 1).

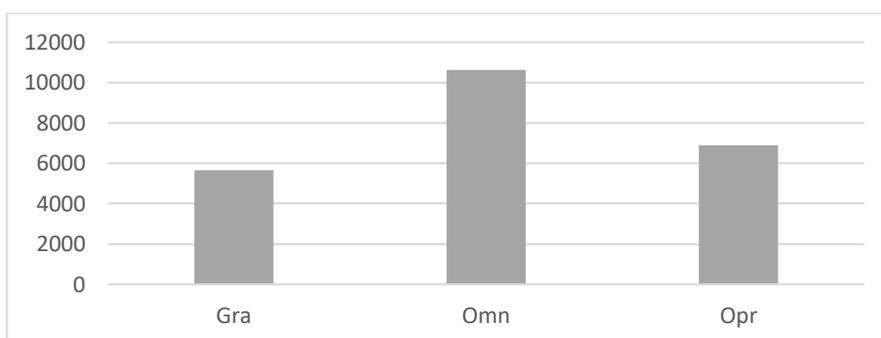


Figura 10. Grupos tróficos a que pertencem as formigas identificadas. Gra: Granívoras; Omn: Omnívoras; Opr: Omnívoras Predadoras

Em relação a riqueza específica para cada tipo de gestão, os testes estatísticos efetuados demonstraram que a proteção Biológica apresenta maior riqueza, embora esta diferença não seja significativa (fig. 9).

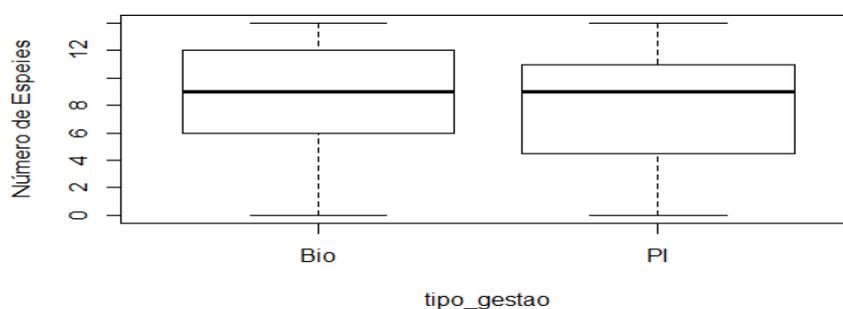


Figura 11. Variação do número de espécie por tipo de gestão. BIO: proteção biológica; PI: proteção integrada

3.2. Índices de Diversidade

Os valores do índice de diversidade de *Shannon-Wiener* (H'), tiveram um mínimo de 1,11 e máximo de 2,43 (a média foi de 1,81 e desvio padrão de 0,72). A vinha V22 apresentou maior diversidade ($H' = 2,43$), seguida da vinha V04 ($H' = 2,34$) e as vinhas V21 e V09 ($H' = 2,28$ e $2,21$ respetivamente). A menor diversidade verificou-se nas vinhas V03 ($H' = 1,11$), V28 ($H' = 1,22$) e V10 ($H' = 1,39$) (tabela 3).

Os valores da Equidade (J), ou seja, a forma como os indivíduos se distribuem pelas espécies numa comunidade, apresentaram uma média de 0,7, o valor máximo foi de 0,88 e o mínimo de 0,41 (desvio padrão = 0,31). As espécies apresentaram uma distribuição mais equitativa dos indivíduos nas vinhas V20, V22 e V21 ($J = 0,88$, $0,87$ e $0,84$ respetivamente) e menos equitativa nas vinhas V03 ($J = 0,41$), V05 e V10 ($J = 0,58$ e $0,54$ respetivamente) (tabela 3).

Para o índice de Simpson (D) que mede a diversidade entre as comunidades o valor mínimo foi de 0,43, o valor médio foi de 0,71 e o máximo de 0,89 (desvio padrão = 0,13). A comunidade mais diversa foi a da vinha V22 ($D = 0,89$) e as menos diversas as das vinhas V03 ($D = 0,43$), V10 ($D = 0,60$) e V28 ($D = 0,61$) (tabela 3).

Tabela 3 Valores dos índices de diversidades dos 31 locais amostrados. S – Número de espécies, H' - Índice de Shannon-Wiener, J' - Índice de Jaccard, D – Índice de Simpson

Locais Amostrados	S	H'	J'	D
V01	17	2,05	0,72	0,81
V02	17	2,11	0,74	0,83
V03	15	1,11	0,41	0,43
V04	18	2,34	0,81	0,87
V05	16	1,61	0,58	0,65
V06	16	2,00	0,72	0,82
V07	12	1,88	0,75	0,80
V18	12	1,58	0,63	0,70
V09	15	2,21	0,81	0,85
V10	13	1,39	0,54	0,60
V11	15	1,82	0,67	0,77
V12	14	1,79	0,68	0,76
V13	16	1,82	0,65	0,74
V14	15	1,84	0,68	0,77
V15	14	1,97	0,74	0,79
V16	17	1,91	0,67	0,77

V17	12	1,61	0,65	0,74
V18	9	1,63	0,74	0,77
V19	14	1,60	0,60	0,70
V20	12	2,19	0,88	0,87
V21	15	2,28	0,84	0,87
V22	16	2,43	0,87	0,89
V23	12	2,07	0,83	0,85
V24	13	1,93	0,75	0,81
V25	15	1,88	0,69	0,73
V26	16	2,17	0,78	0,84
V27	14	2,14	0,81	0,84
V28	7	1,22	0,63	0,61
V29	14	2,18	0,82	0,85
V30	9	1,78	0,81	0,80
V31	10	1,52	0,66	0,65

3.3. Modelos Ecológicos

Procedemos à análise dos dados de modo a encontrar relações entre a abundância de formigas e as várias variáveis explicativas recolhidas durante o trabalho de campo. O modelo final inclui apenas uma variável significativa, a percentagem de cobertura de herbáceas na entrelinha das vinhas em junho – c_herb06), com coeficiente positivo de 0,164 que demonstra haver uma relação positiva com o número total de formigas (tabela 4). As figuras 1 e 2 dos anexos apresentam a análise de resíduos para este modelo.

Tabela 4. Modelo final da abundância de formigas em vinhas

Variável	Coeficiente	Erro padrão	P
c_herb06	0,164	0,051	0,003

A riqueza de espécies mostrou estar relacionada positivamente também com a percentagem de cobertura de herbáceas na entrelinha em junho (c_herb06), e negativamente com a altura das herbáceas no mesmo mês (alt_herb06). O tamanho das folhas das vinhas em abril apresentou uma relação negativa com a riqueza de espécies. Em relação à cobertura do solo, nas vinhas com cobertura de herbáceas no mês de

junho, a riqueza específica foi maior, quando comparada com as vinhas em que o solo tinha sido lavrado no mesmo período (tabela 5 e figuras 5 e 6 dos anexos).

Tabela 5. Modelo final da riqueza de espécies de formigas em vinhas

Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	P
c_herb06	0,943	0,452	0,047
alt_herb06	-1,478	0,476	0,004
fol_vin04	-1,098	0,337	0,003
gest06ploughed	-3,493	1,361	0,016
gest06with_grass	1,284	0,904	0,168

O modelo que relaciona a espécie mais abundante (*Tapinoma nigerrimum*) nos locais amostrados com as variáveis explicativas, demonstrou haver relação positiva com o tamanho das folhas das vinhas em junho, bem como com a percentagem de cobertura das herbáceas no mesmo mês. Contrariamente a percentagem de cobertura de herbáceas em abril teve uma relação negativa com esta espécie (tabela 6 e figuras 3 e 4 dos anexos).

Tabela 6. Modelo final da abundância da formiga *Tapinoma nigerrimum* nos locais amostrados

Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	P
c_herb04	-0,173	0,043	0,045
c_herb06	0,174	0,041	0,045
fol_vin06	0,179	0,057	0,011

Para os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), de Simpson (D) e de equidade de Pielou (J'), os modelos finais incluem apenas uma variável explicativa, o tamanho das folhas das vinhas em abril, com coeficiente negativo, que demonstra haver uma correlação negativa entre esses índices e a variável, (tabela 7 e figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12 dos anexos).

Tabela 7. Variável de gestão e os resultados da correlação com os índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson (D) e Pielou (J').

Variável	fol_vin04		
	Coeficiente	Erro padrão	P
H'	-0,159	0,051	0,004
D	-0,046	0,019	0,021
J	-0,046	0,019	0,021

CAPÍTULO 4 DISCUSSÃO

4.1. Abundância e Riqueza Específica das Formigas

Nas 31 vinhas amostradas, a riqueza de espécies das comunidades de formigas foi de 26 espécies. Este resultado é semelhante ao obtido por Gonçalves *et al.* (2017), que identificou 20 espécies de formigas nas vinhas da região demarcada do Douro, usando um método de recolha idêntico ao utilizado no presente estudo - armadilhas do tipo *pit fall*. Em estudos efetuados noutros agroecossistemas, nomeadamente em culturas de citrinos, tanto em Portugal (Zina, 2017) como em Espanha (Palacios *et al.* 1999; Vanaclocha *et al.* 2005; Alvis e Garcia-Marí 2006; Urbaneja *et al.* 2006; Cerdá *et al.* 2009; Pekas *et al.* 2011; Martínez-Ferrer; Campos-Rivela 2017), a riqueza específica registada também tende a ser semelhante com os nossos resultados, com valores que variam entre 20 a 30 espécies amostradas.

Relativamente à composição das comunidades de formigas, nove das espécies identificadas no presente estudo, coincidem com as encontradas nas vinhas da região demarcada do Douro por Gonçalves *et al.* (2017), e 15 coincidem com as espécies identificadas em culturas de citrinos em Portugal, por Zina (2017), e em Espanha por Martínez *et al.* (1999), Vanaclocha *et al.* (2005) e Beltrà *et al.* (2017).

A espécie *T. nigerrimum*, a mais abundante do nosso estudo, com um total de 6644 indivíduos, o que corresponde a 28,3 % do total de formigas amostradas, foi também encontrada em todas as vinhas amostradas por Gonçalves *et al.* (2017) embora não tenha sido das mais abundantes. No nosso estudo foram capturados os géneros *Amblyopone* e o *Tetramorium* que não foram registados nas vinhas do Douro, enquanto que nessas vinhas capturou-se o género *Solenopsis*, que por sua vez não foi registado no presente estudo. Estes géneros possuem uma distribuição ampla na Península Ibérica (Lebas *et al.*, 2007). Contudo, a espécie *M. barbarus* foi a mais abundante nas vinhas da região demarcada do Douro (Gonçalves *et al.*, 2017) e foi capturada em todas as vinhas amostradas, o que também se verificou no presente estudo, embora não tenha sido a espécie mais abundante.

Regista-se que a formiga argentina (*Linepithema humile*), considerada invasora no Mediterrâneo, não foi capturada no presente estudo. Essa espécie foi identificada em culturas de citrinos no sul de Portugal por Zina (2017). Esta autora indica que esta espécie tem uma distribuição no litoral e não ocorre em solos derivados das rochas metamórficas, como por exemplo as formações de xisto que são típicos da região de Évora (Feio & Cordeiro, 2012). Beltrà *et al.*, 2017 referem que *L. humile* ocorre em regiões com uma alta taxa de humidade relativa. Provavelmente o clima tipicamente mediterrânico e a baixa humidade assim como o tipo de solos da região de Évora explicam a ausência desta espécie nos locais amostrados.

A espécie mais importante em número de indivíduos identificados nas vinhas desta área de estudo foi *T. nigerrimum* com 6644 indivíduos, o que representa 28,3% do total de exemplares recolhidos. A presença desta espécie é importante, pois sendo omnívora predadora, pode influenciar a densidade dos insetos herbívoros.

Num estudo realizado em olivais da Terra Quente Transmontana (Nordeste de Portugal, Bento *et al.* 2002), também se verificou que essa espécie era a mais abundante.

Esta espécie tem uma distribuição ibero-mauritânia, nidifica preferencialmente em locais com pouco estrato arbóreo. As suas características ecológicas permitem que consiga colonizar em ambientes com perturbações antropogénicas (Bernard, 1980). De acordo com Cerda *et al.* (1989) a formiga *T. nigerrimum* é considerada uma espécie agressiva que, na região de Canet de Mar (Espanha), afasta todas as outras formigas, exceto *P. pallidula*. Embora Cerda *et al.* (1988) na região de Barcelona, tenham verificado que *T. nigerrimum* competia com *A. senilis*, atacando e matando os indivíduos desta espécie e Bento *et al.* (2002), tenham observado que esta espécie tem tendência para afastar outras, uma vez que nas árvores onde se encontravam não se observou nenhuma outra espécie, este facto não se verificou no presente estudo. *A. senilis* foi a segunda espécie mais observada em termos de número de indivíduos e foi encontrada sempre nos mesmos locais em que ocorreu a *T. nigerrimum*.

O comportamento agressivo de *T. nigerrimum* em relação a outras espécies, pode ser benéfico para os agroecossistemas, na medida em que o afastamento das espécies com relações mutualísticas com hemípteros excretadores de melada, irá influenciar a densidade dos mesmos. Por outro lado, pode ser prejudicial se a presença das espécies afastadas, controlam a densidade dos hemípteros. Segundo Morris *et al.* (2002), *T. nigerrimum* é um importante predador de hemípteros.

Assim, existe essa possibilidade, que deve ser verificada por estudos posteriores e mais aprofundados, de que *T. nigerimum* desempenha um papel importante na limitação natural das pragas nas vinhas, tais como os Hemípteros, em função da frequência com que esta espécie foi observada nos locais amostrados.

Relativamente ao número de exemplares para cada recolha, é de referir que 47,5% dos indivíduos (11.148) foram recolhidos na primeira recolha, 26,9 % (6.313) na segunda e 25,5% (6.003) na terceira recolha. Possivelmente, a razão para a primeira ser a mais importante em termos de número de exemplares, pode dever-se ao fato de esta ter sido feita em abril, altura em que não tinha sido feito o corte das herbáceas nas entrelinhas. Já as duas últimas recolhas foram feitas em maio e junho, numa altura em que na maioria dos locais amostrados as ervas estavam cortadas ou arrancadas completamente. No entanto, a segunda e terceira amostragens apresentaram maior riqueza de espécies (21). Vale a pena enfatizar que são necessários mais estudos sobre formigas em ecossistemas vitivinícolas do país, bem como a sua distribuição ao longo dos meses.

4.2. Gestão da Vinha

Em relação ao número de exemplares, as vinhas de proteção integrada tiveram maior número de exemplares (13.329) quando comparadas às vinhas de produção biológica (10.135), porém relativamente à riqueza de espécies as vinhas de produção biológica apresentaram maior número de espécies, no entanto, as diferenças não foram significativas. As mesmas espécies ocorreram nos dois tipos de gestão, com exceção da espécie *A. gaetulica*, que apenas se encontrou nas vinhas de proteção integrada. Este cenário contrasta, efetivamente, com um estudo feito nas vinhas, de Itália, em que

Masoni (2017) verificou que o não uso de agroquímicos pode favorecer a diversidade em comunidades de formigas nas vinhas.

No entanto, o impacto dos efeitos das práticas de gestão sobre a biodiversidade não é consensual. Vários estudos verificaram um declínio na biodiversidade das vinhas convencionais em comparação com as vinhas de proteção biológica, tanto em plantas (Zechmeister *et al.*, 2003; Roschewitz *et al.*, 2005) como em artrópodes (Trivellone *et al.*, 2012; Caprio *et al.*, 2015). Outros estudos, contrariamente, não verificaram nenhum efeito positivo na biodiversidade no tipo de gestão, quer na abundância quer na riqueza de espécies de artrópodes (Chong *et al.*, 2007; Brittain *et al.*, 2010; Bruggisser *et al.*, 2010). De acordo com Masoni *et al.* (2017), as razões para essa variabilidade podem ser diversas e variam desde diferenças nas unidades de estudo escolhidas (espécies únicas ou comunidades inteiras), nível taxonómico a utilizar (espécie, género ou família), diferenças no tipo de agroquímicos utilizados na proteção da vinha e as características climáticas do local de amostragem.

No que diz respeito ao modo de gestão das vinhas, o modelo final sugere que existe uma relação positiva entre a percentagem de cobertura de herbáceas e a abundância de formigas, a riqueza específica, bem como a espécie mais importante das identificadas no presente estudo, em termos de número de indivíduos, *Tapinoma nigerrimum*. Estes resultados estão de acordo com Gonçalves *et al.* (2020), que verificou que a cobertura do solo da vinha, influencia significativamente a densidade e diversidade de artrópodes do solo. De acordo com Roger-Estrade *et al.* (2010), quanto maior for a cobertura do solo maior abundância de artrópodes haverá, uma vez que a falta de cobertura do solo implica a perda de abrigo e microclima favorável, que os protege contra as variações climáticas e também os torna mais expostos aos inimigos naturais. O modelo sugeriu também existir relação negativa entre o tamanho da folha da vinha em abril e junho (fol_vin04 e fol_vin06) e a riqueza específica, a espécie *Tapinoma nigerrimum*, assim como os índices de diversidade. Este dado é importante na medida em que, os estudos feitos sobre as formigas em vinhas não apresentam essa relação, por razões que não sabemos mencionar. Por isso, sugere-se que façam mais estudos aprofundados para averiguar este facto.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES FINAIS

O nosso objetivo com este estudo foi de conhecer as formigas das vinhas de Évora e compreender se o tipo de gestão influencia a comunidade de formigas. Assim, foram identificadas 26 espécies de formigas, que pertencem à quatro subfamílias e 15 géneros, resultados similares comparativamente aos trabalhos realizados na Península Ibérica. Os géneros *Tapinoma*, *Aphaenogaster* e *Messor* foram os mais abundantes em termos de número de indivíduos. A espécie *Tapinoma nigerrimum* foi a mais abundante com 28% do total de indivíduos amostrados. 18 das 26 espécies identificadas são omnívoras, 4 são granívoras e 4 são omnívoras que também podem ser predadoras. Das 26 espécies identificadas 14 apresentam maior número de indivíduos nas vinhas de gestão por proteção integrada, 10 apresentam números similares nos dois tipos de gestão e 2 ocorrem apenas nas vinhas de proteção integrada.

Em relação ao tipo de gestão da vinha, proteção integrada ou proteção biológica, houve maior abundância de formigas nas vinhas biológicas, embora as diferenças não sejam significativas. Contudo, houve uma relação positiva entre a abundância de formigas e a cobertura de herbáceas em junho. A formiga mais abundante também apresentou relação positiva com a cobertura de herbáceas em junho. Os índices de diversidade demonstraram haver uma relação negativa com o tamanho das folhas da vinha em abril.

Uma vez que a agricultura é uma das principais causas da perda da biodiversidade, torna-se cada vez mais importante estudar as comunidades de artrópodes dos solos desses ecossistemas, incluindo as formigas, o que vai permitir tomar decisões assertivas, tornando mais fácil o planeamento de estratégias de conservação dos agroecossistemas.

A gestão das herbáceas das entrelinhas parece ser um fator muito importante para a abundância e riqueza das formigas que usam as vinhas. Assim, sugere-se que sejam feitos mais estudos sobre as comunidades de formigas em ambientes agrícolas, para averiguar se os diferentes tipos de coberto de herbáceas (espontâneo, ou misturas semeadas) têm influência na abundância e riqueza das formigas; e também se além de

as formigas desempenharem papéis importantes no solo, que lhes permitem ser chamadas de “engenheiras do solo”, podem também desempenhar um papel na limitação natural de pragas da vinha.

CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS

- ALVIS, L., & GARCIA-MARÍ, F. (2006). Identification and abundance of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Citrus trees from Valencia (Spain). *IOBC-WPRS Bull.*, 29(3)(January), 111–116.
- AMARO, P. (2003). A Protecção Integrada. In *A Protecção Integrada*. http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Proteccao_Integrada.pdf
- ARANDA, A., ZABALZA, I., & SCARPELLINI, S. (2005). Economic and environmental analysis of the wine bottle production in Spain by means of life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 4(2), 178–191. <https://doi.org/10.1504/ijarge.2005.007199>
- BACH, C. E. (1991). Direct and indirect interactions between ants (Pheidole megacephala), scales (Coccus viridis) and plants (Pluchea indica). *Oecologia*, 87(2), 233–239. <https://doi.org/10.1007/BF00325261>
- BADJI, C. A., GUEDES, R. N. C., SILVA, A. A., & ARAÚJO, R. A. (2004). Impact of deltamethrin on arthropods in maize under conventional and no-tillage cultivation. *Crop Protection*, 23(11), 1031–1039. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.03.003>
- BARETTA, D., SANTOS, J. C. P., SEGAT, J. C., & GEREMIA, E. V. (2011). Fauna edáfica e qualidade do solo. *Tópicos Em Ciência Do Solo*, 1, 119–170.
- BENTO, A., SOUSA, D., PEREIRA, J., CAMPOS, M., & TORRES, L. (2002). Estudio preliminar sobre as formigas (Hymenoptera: Formicidae) associadas ao olival da Terra Quente Transmontana (Nordeste de Portugal). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 28(3), 357–366.
- BERBERICH, G., & SCHREIBER, U. (2013). GeoBioScience: Red wood ants as bioindicators for active tectonic fault systems in the West Eifel (Germany). *Animals*, 3(2), 475–498. <https://doi.org/10.3390/ani3020475>
- BELTRÀ, A., NAVARRO-CAMPOS, C., CALABUIG, A., ESTOPÀ, L., WÄCKERS, F. L., PEKAS,

- A., & SOTO, A. (2017). Association between ants (Hymenoptera: Formicidae) and the vine mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in table-grape vineyards in Eastern Spain. *Pest Management Science*, 73(12), 2473–2480.
<https://doi.org/10.1002/ps.4640>
- BERNARD, F. (1980). Influence des densités végétales sur les fourmis méditerranéennes. *Écologie Des Insectes Sociaux. (L'Union Internationale Pour l'Etude Des Insectes Sociaux, Section Française, Compte Rendu Colloque Annuel, Lausanne, 7-8 Sept. 1979)*, 21–29.
- BOIEIRO, M., ESPADALER, X., AZEDO, A. R., COLLINGWOOD, C., & SERRANO, A. R. M. (2009). One Genus And Three Ant Species New To Portugal (Hymenoptera , Formicidae) P Ortugal (H Ymenoptera , F Ormicidae). May 2014, 1–4.
- BRITAIN, C., BOMMARCO, R., VIGHI, M., SETTELE, J., & POTTS, S. G. (2010). Organic farming in isolated landscapes does not benefit flower-visiting insects and pollination. *Biological Conservation*, 143(8), 1860–1867.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.029>
- BRUGGISSER, O. T., SCHMIDT-ENTLING, M. H., & BACHER, S. (2010). Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels. *Biological Conservation*, 143(6), 1521–1528. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.034>
- BUCKLEY, R. C. (1987). Interactions involving plants, Homoptera, and ants. *Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 18, October*, 111–135.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.000551>
- BUCKLEY R, GULLAN, P. (1991) More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). *Biotropica* 23(3):282-286
- CALABUIG, A., GARCIA-MARÍ, F., & PEKAS, A. (2015). Ants in citrus: Impact on the abundance, species richness, diversity and community structure of predators and parasitoids. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 213, 178–185.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.08.001>

- CAPRIO, E., NERVO, B., ISAIA, M., ALLEGRO, G., & ROLANDO, A. (2015). Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems*, 136, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.009>
- CARDOSO, E. J. B. N., VASCONCELLOS, R. L. F., BINI, D., MIYAUCHI, M. Y. H., DOS SANTOS, C. A., ALVES, P. R. L., DE PAULA, A. M., NAKATANI, A. S., PEREIRA, J. DE M., & NOGUEIRA, M. A. (2013). Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Scientia Agricola*, 70(4), 274–289. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>
- CERDÀ, A., JURGENSEN, M. F., & BODI, M. B. (2009). Effects of ants on water and soil losses from organically-managed citrus orchards in eastern Spain. *Biologia*, 64(3), 527–531. <https://doi.org/10.2478/s11756-009-0114-7>
- CERDA, X., RETANA, J., BOSCH, J., & ALSINA, A. (1989). Exploitation of food resources by the ant *Tapinoma nigerrimum* (Hym., Formicidae). *Acta Oecologica/Oecologia Generalis*, 10(4), 419–429.
- CERDA, X., BOSCH, J., ALSINA, A. & RETANA, J., (1988). Dietary spectrum and activity patterns of *Aphaenogaster senilis* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals Soc. Ent. Fr.* 24(1): 69-75.
- CHONG, C. S., HOFFMAN, A. A., & THOMSOM, L. J. (2007). Commercial Agrochemical Applications in Vineyards Do Not Influence Ant Communities. *Environmental Entomology*, 36(5), 1374–1383. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36)
- CHONG, C. S., D'ALBERTO, C. F., THOMSON, L. J., & HOFFMANN, A. A. (2010). Influence of native ants on arthropod communities in a vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*, 12(3), 223–232. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00472.x>
- DELABIE, J. H. C. (2001). Trophobiosis between formicidae and hemiptera (sternorrhyncha and auchenorrhyncha): An overview. *Neotropical Entomology*, 30(4), 501–516. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2001000400001>

- DEL TORO, I., RIBBONS, R. R., & PELINI, S. L. (2012). The little things that run the world revisited: A review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17(August), 133–146.
- FEIO, M., & CORDEIRO, R. (2012). Os principais tipos de utilização do solo no Alentejo meridional. Evolução de 1885 e 1951. *Finisterra*, 32(63), 147–158.
<https://doi.org/10.18055/finis1781>
- FOLGARAIT, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. *Biodiversity and Conservation*, 7(9), 1221–1244.
<https://doi.org/10.1023/A:1008891901953>
- FRANCO J.C., SILVA E.B., CARVALHO J.P. (2000) Cochonilhas-algodao (Hemiptera, Pseudococcidae) associadas aos citrinos em Portugal. ISA Press, Lisboa
- GABEL, B. (2019). New concept of vine grape protection – knowledge-based approach & high tech. *BIO Web of Conferences*, 15(2019), 01020.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20191501020>
- GIBB, H., DUNN, R. R., SANDERS, N. J., GROSSMAN, B. F., PHOTAKIS, M., ABRIL, S., AGOSTI, D., ANDERSEN, A. N., ANGULO, E., ARMBRECHT, I., ARNAN, X., BACCARO, F. B., BISHOP, T. R., BOULAY, R., BRÜHL, C., CASTRACANI, C., CERDA, X., DEL TORO, I., DELSINNE, T., ... PARR, C. L. (2017). A global database of ant species abundances. *Ecology*, 98(3). <https://doi.org/10.1002/ecy.1682>
- GONÇALVES, F., CARLOS, C., ARANHA, J., & TORRES, L. (2018). Does habitat heterogeneity affect the diversity of epigaeic arthropods in vineyards? *Agricultural and Forest Entomology*, 20(3), 366–379.
<https://doi.org/10.1111/afe.12270>
- GONÇALVES, F., ZINA, V., CARLOS, C., SOUSA, S., NÓBREGA, M., FRANCO, J. C., & TORRES, L. (2014). *Formigas associadas à cochonilha-algodão, em vinhas da Região Demarcada do Douro FÁTIMA*. 2013, 5001.
- GONÇALVES, F., NUNES, C., CARLOS, C., LÓPEZ, Á., OLIVEIRA, I., CRESPI, A., TEIXEIRA, B., PINTO, R., COSTA, C. A., & TORRES, L. (2020). Do soil management practices affect the activity density, diversity, and stability of soil arthropods in vineyards? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 294(May 2019), 106863.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106863>

GREEN, R. E., CORNELL, S. J., SCHARLEMANN, J. P. W., & BALMFORD, A. (2005).

Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307(5709), 550–555.

<https://doi.org/10.1126/science.1106049>

HANEY P.B. (1988) Identification, ecology and control of the ants in citrus: a world survey. In: Goren R, Mendel K (eds) Proceedings of the sixth International Citrus Congress, TelAviv, Israel, pp 1227-1251

HICKEL, E.R., PERUZZO, E.L. & SCHUCK, E. (2008). Pirâmide etária e distribuição espacial da pérola-da-terra no Meio-Oeste Catarinense. *Agropecuária Catarinense*. 22: 61-68

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2016) disponível em <http://www.ine.pt/>

INSTITUTO DA VINHA E DO VINHO. (2018). Regiões Vitivinícolas. In *Vinhos E Aguardentes Em Portugal*.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. (2019). 2019 Statistical Report on World Vitiviniculture. *2019 Statistical Report on World Vitiviniculture*, 23. <https://doi.org/64/19/6835> [pii] \n10.1158/0008-5472.CAN-04-1678

KING, T. J. (1977). The Plant Ecology of Ant-Hills in Calcareous Grasslands: III. Factors Affecting the Population Sizes of Selected Species. *The Journal of Ecology*, 65(1), 279. <https://doi.org/10.2307/2259079>

http://www.lamarabunta.org/4images/categories.php?cat_id=1

LOBRY DE BRUYN, L. A. (1999). Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1–3), 425–441.

[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00047-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00047-X)

MACHADO, C. P. G. (2012). Guia dos Produtos fitofarmacêuticos em Modo de Produção Biológico. *Ministério Da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento Do Território- Direção Geral Da Agricultura e Desenvolvimento Rural*, 3(September), 1–47.

MACMAHON, J. A., MULL, J. F., & CRIST, T. O. (2000). HARVESTER ANTS (POGONOMYRMEX SPP.): Their Community and Ecosystem Influence.

Rev.Ecol.Syst., 31, 265–291.

MAJER, J. D. (1983). Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management*, 7(4), 375–383.

<https://doi.org/10.1007/BF01866920>

MARTÍNEZ-FERRER, M. T., & CAMPOS-RIVELA, J. M. (2017). Diversity, spatial distribution, and sampling for ant management decision-making in integrated pest management programs in citrus groves. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(2), 251–260. <https://doi.org/10.1111/eea.12535>

MARTÍNEZ, M., PALACIOS, R., & CERDÁ, X. (1999). Composición, abundancia y fenología de las hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en campos cítricos de Tarragona. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 25(2), 229–240.

MASONI, A., FRIZZI, F., BRÜHL, C., ZOCCHI, N., PALCHETTI, E., CHELAZZI, G., & SANTINI, G. (2017). Agriculture , Ecosystems and Environment Management matters : A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards.

Agriculture, Ecosystems and Environment, 246(May), 175–183.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.036>

MORRIS, C., & WINTER, M. (2010). *Journal of Environmental Barn Owls , Bumble Bees and Beetles : UK Agriculture , Biodiversity and Biodiversity Action Planning Barn Owls , Bumble Bees and Beetles : UK Agriculture , . 0568(2012)*, 37–41.

<https://doi.org/10.1080/096405602200001305>

MORRIS, T. I., SYMONDSON, W. O. C., KIDD, N. A. C., & CAMPOS, M. (2002). The effect of different ant species on the olive moth, *Prays oleae* (Bern.), in Spanish olive orchard. *Journal of Applied Entomology*, 126(5), 224–230.

<https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00647.x>

MUNHAE, C. D. B., SANTINA, M., MORINI, D. C., & BUENO, O. C. (2014). *Ants (Hymenoptera : Formicidae) in Vineyards That Are Infested or Uninfested With Eurhizococcus brasiliensis (Hemiptera : Margarodidae) in Southeastern Brazil*. 1–

5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu004>

OTTONETTI, L., TUCCI, L., FRIZZI, F., CHELAZZI, G., & SANTINI, G. (2010). Changes in

- ground-foraging ant assemblages along a disturbance gradient in a tropical agricultural landscape. *Ethology Ecology and Evolution*, 22(1), 73–86.
<https://doi.org/10.1080/03949370903516024>
- PALACIOS, R., MARTÍNEZ, M., & CERDÁ, X. (1999). Composición, abundancia y fenología de las hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en campos cítricos de Tarragona. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 25(2), 229–240.
- PARK, K. J. (2015). Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: Bats and their potential role as bioindicators. *Mammalian Biology*, 80(3), 191–204.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.10.004>
- PEKAS, A., TENA, A., AGUILAR, A. AND GARCIA-MARÍ, F. (2011), Spatio-temporal patterns and interactions with honeydew-producing Hemiptera of ants in a Mediterranean citrus orchard. *Agricultural and Forest Entomology*, 13: 89-97.
doi:[10.1111/j.1461-9563.2010.00501.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00501.x)
- QUEIROZ, J. M., & OLIVEIRA, P. S. (2001). Tending Ants Protect Honeydew-Producing Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae): Fig. 1. *Environmental Entomology*, 30(2), 295–297. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-30.2.295>
- ROGER-ESTRADE, J., ANGER, C., BERTRAND, M., & RICHARD, G. (2010). Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.010>
- ROSADO, J. L. O., DE GONÇALVES, M. G., DRÖSE, W., E SILVA, E. J. E., KRÜGER, R. F., & LOECK, A. E. (2013). Effect of climatic variables and vine crops on the epigeic ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Insect Conservation*, 17(6), 1113–1123.
<https://doi.org/10.1007/s10841-013-9592-6>
- ROSCHEWITZ, I., GABRIEL, D., TSCHARNTKE, T., & THIES, C. (2005). The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology*, 42(5), 873–882.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x>
- SANDERS, D., & PLATNER, C. (2007). *Intraguild interactions between spiders and ants and top-down control in a grassland food web*. 611–624.

<https://doi.org/10.1007/s00442-006-0538-5>

- SANDERS, D., & VAN VEEN, F. J. F. (2011). Ecosystem engineering and predation: The multi-trophic impact of two ant species. *Journal of Animal Ecology*, 80(3), 569–576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01796.x>
- SAMWAYS M.J. (1983) Community Structure of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in a Series of Habitats Associated with Citrus. *The Journal of Applied Ecology*, 20(3):833-847 <https://www.jstor.org/stable/2403128?seq=1>
- SEGAT, J. C., FIGUEIREDO VASCONCELLOS, R. L., PAIVA SILVA, D., BARETTA, D., & CARDOSO, E. J. B. N. (2017). Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 404(September), 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.038>
- TRIVELLONE, V., PALTRINIERI, L. P., JERMINI, M., & MORETTI, M. (2012). Management pressure drives leafhopper communities in vineyards in Southern Switzerland. *Insect Conservation and Diversity*, 5(1), 75–85. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00151.x>
- VANACLOCHA, P., MONZÓ, C., GÓMEZ, K., TORTOSA, D., PINA, T., CASTAÑERA, P., & URBANEJA, A. (2005). *Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes en el suelo de los cítricos de la provincia de Valencia* (pp. 14–24).
- VERDINELLI, M., YAKHLEF, S. E. B., COSSU, C. S., PILIA, O., & MANNU, R. (2017a). Variability of ant community composition in cork oak woodlands across the mediterranean region: Implications for forest management. *IForest*, 10(4), 707–714. <https://doi.org/10.3832/ifor2321-010>
- VIERS, J. H., WILLIAMS, J. N., NICHOLAS, K. A., BARBOSA, O., KOTZÉ, I., SPENCE, L., WEBB, L. B., MERENLENDER, A., & REYNOLDS, M. (2013). Vinecology: Pairing wine with nature. *Conservation Letters*, 6(5), 287–299. <https://doi.org/10.1111/conl.12011>
- WAY M.J. (1963). Mutualism Between Ants And Honeydew Producing HOMOPTERAL. *Annual Review of Entomology.*, 8, 307–344.

- WAY, M. J., & KHOO, K. C. (1992). Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, Vol. 37, 45, 479–503.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.002403>
- WAY, M. J., CAMMELL, M. E., PAIVA, M. R., & COLLINGWOOD, C. A. (1997). Distribution and dynamics of the Argentine ant *Linepithema (Iridomyrmex) humlie* (Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal. *Insectes Sociaux*, 44(4), 415–433.
<https://doi.org/10.1007/s000400050062>
- WILLS, B. D., & LANDIS, D. A. (2017). The role of ants in north temperate grasslands: a review. *Oecologia*, 186(2), 323–338. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-4007-0>
- ZECHMEISTER, H. G., SCHMITZBERGER, I., STEURER, B., PETERSEIL, J., & WRBKA, T. (2003). The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation*, 114(2), 165–177.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00020-X)
- ZINA, V. (2017). *Ant community associated to citrus canopy in Southern Portugal over a century after the invasion by the Argentine ant*. 183–200.
<https://doi.org/10.1007/s12600-017-0582-1>
- ZINA, V., & FRANCO, J. C. (2015). Ecologia e diversidade de espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae) na Tapada da Ajuda, Portugal. *X Congresso Ilérico de Mirmecologia*, July.
- ZUUR, A.F., IENO, E.N. AND ELPHICK, C.S. (2010), A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 3-14.
doi:10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x

CAPÍTULO 7 ANEXOS

Figuras que apresentam os resíduos nos modelos finais das variáveis explicativas

Resíduos da modelação da abundância das formigas em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 1

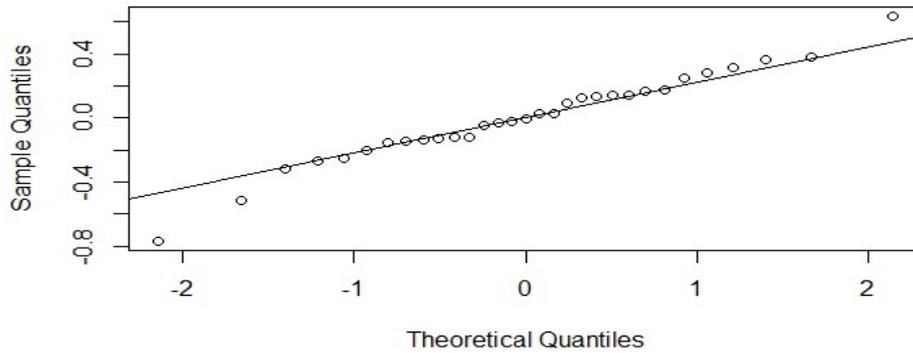
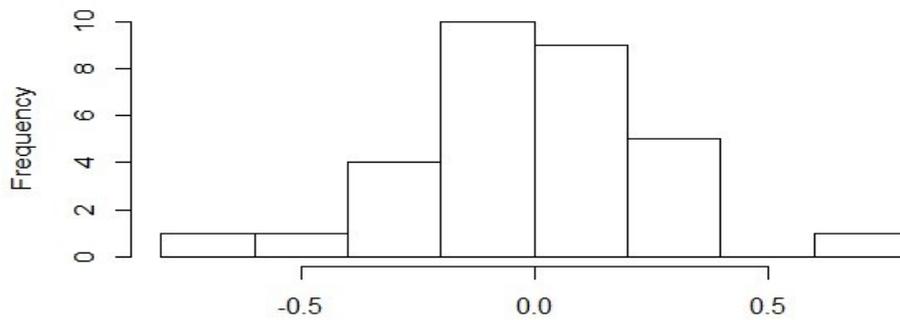


Figura 2



Resíduos da modelação da riqueza específica em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 3

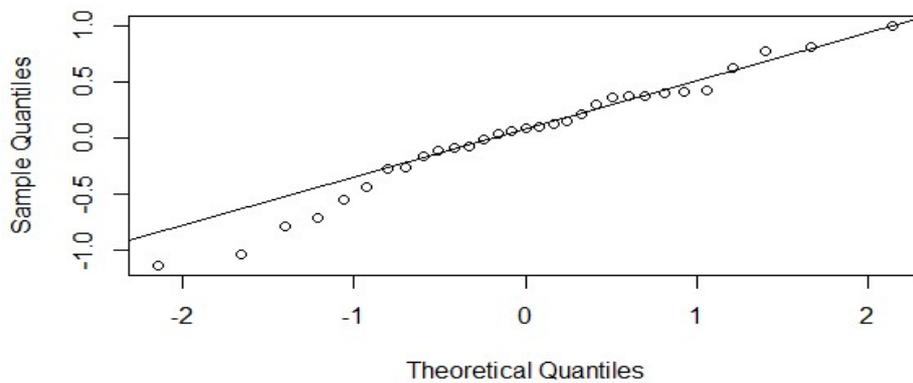
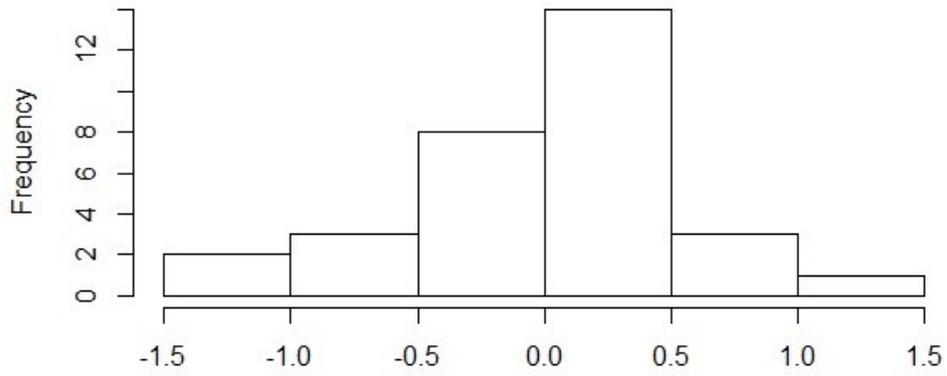


Figura 4



Resíduos da modelação da abundância da formiga *Tapinoma nigerrimum* em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 5

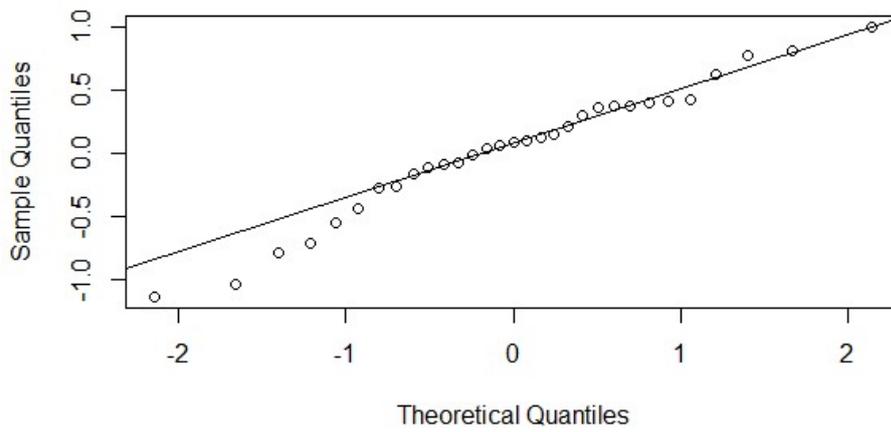
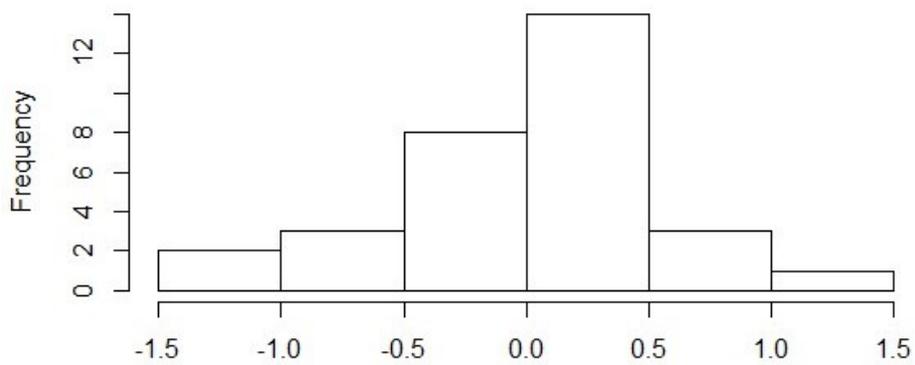


Figura 6



Resíduos da modelação do Índice de Shannon-Wiener (H') em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 7

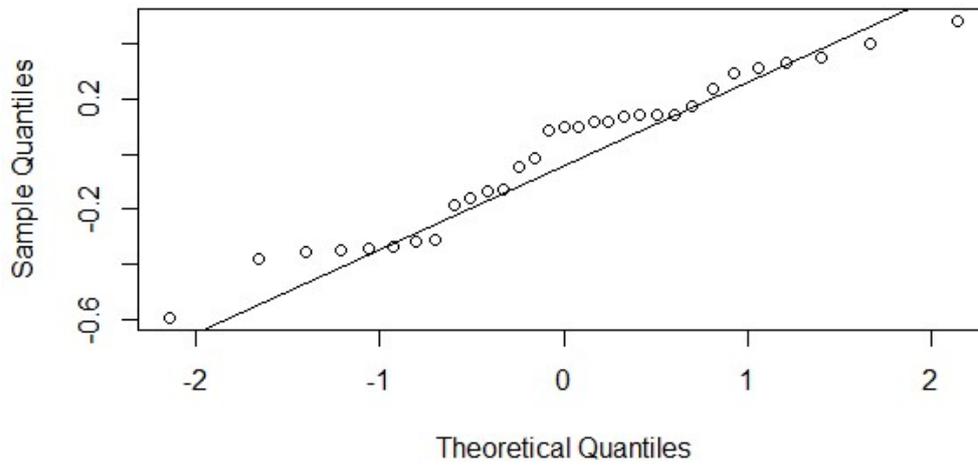
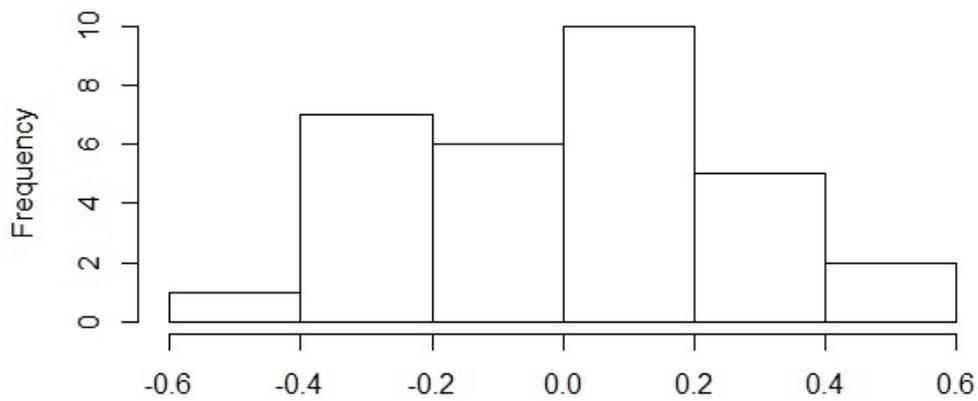


Figura 8



Resíduos da modelação do Índice de Simpson (D) em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 9

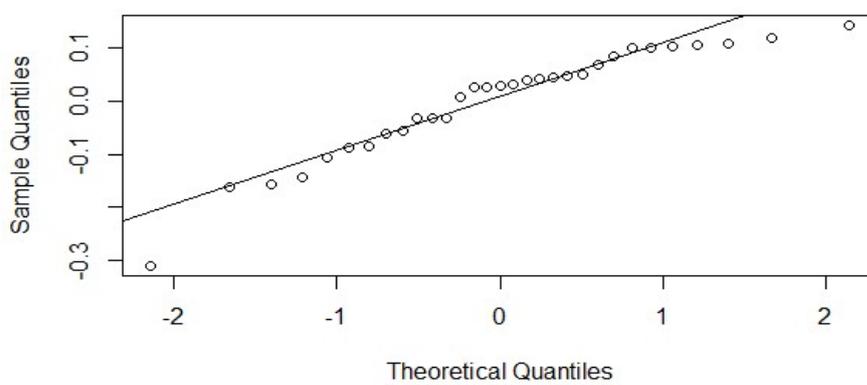
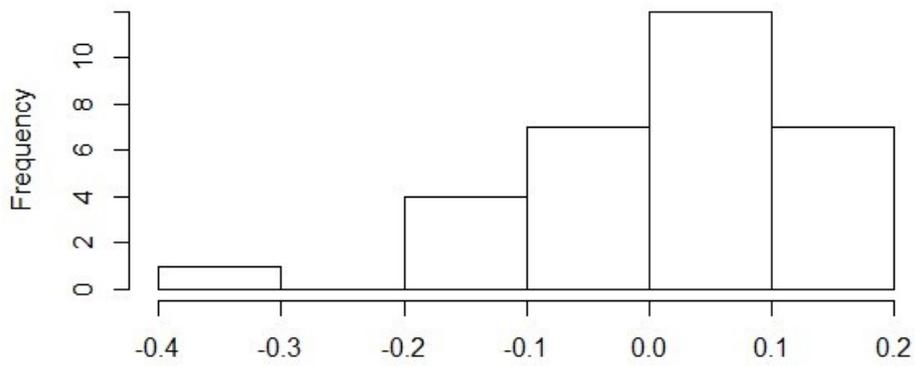


Figura 10



Resíduos da modelação do Índice de Pielou (J') em relação as variáveis de gestão nos locais amostrados

Figura 11

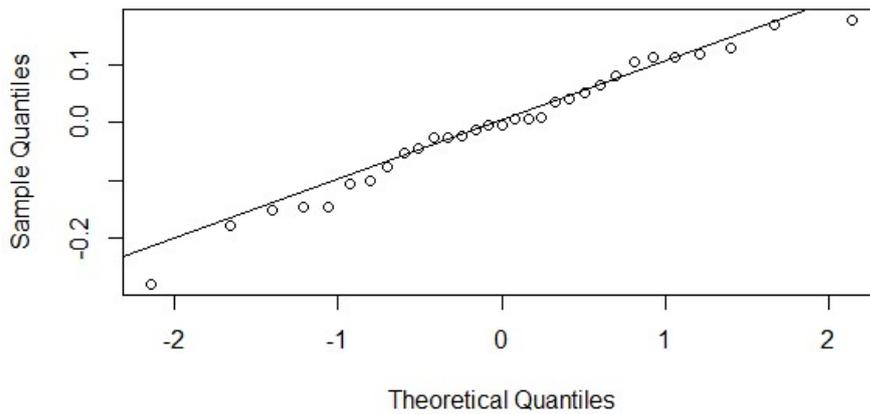


Figura 12

