

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**

**O EFEITO DA PAISAGEM URBANA NAS ASSEMBLEIAS DE
FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS VERDES DE MANAUS,
AMAZONAS**

ERIKA SANTOS DA COSTA

**Manaus, Amazonas
Fevereiro, 2022**

ERIKA SANTOS DA COSTA

**O EFEITO DA PAISAGEM URBANA NAS ASSEMBLEIAS DE
FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS VERDES DE MANAUS,
AMAZONAS**

ORIENTADOR: JORGE LUIZ PEREIRA DE SOUZA

COORIENTADOR: FABRÍCIO BEGGIATO BACCARO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia.

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C837e Costa, Erika Santos da
O efeito da paisagem urbana nas assembleias de formigas arborícolas em áreas verdes de Manaus, Amazonas / Erika Santos da Costa . 2022
32 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jorge Luiz Pereira de Souza
Coorientador: Fabrício Beggiato Baccaro
Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Ecologia de paisagem. 2. Urbanização. 3. Formigas arborícolas. 4. Fragmentos florestais. I. Souza, Jorge Luiz Pereira de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus que me proporcionou forças para chegar ao final dessa jornada, que sempre que eu achei que não havia mais saída me oferecia uma luz, que sempre que pensei que não ia dar certo fazia tudo funcionar, não caberia aqui quantidade de fé que eu precisei ter durante os últimos anos e nesse momento de alívio e felicidade só me resta agradecer.

Agradeço também imensamente à minha mãe, Vera Lúcia, que nunca me deixou faltar nada e que sempre me apoiou nas decisões que eu tomava, por precipitadas que fossem. Essa mulher guerreira é minha inspiração e sempre fará eu desejar o melhor de mim, mesmo nos momentos que pensei em desistir tive o incentivo dela que me fez permanecer. E quando eu precisei fazer as coletas em campo, triagem de material, que eu me ausentava muito e não tinha tempo de resolver problemas pessoais foi sempre ela que tomava a frente, sem essa força eu jamais teria chegado aonde cheguei.

Agradeço ao meu irmão, Vinicius Santos, que é o melhor ouvinte que eu poderia ter. Quantas vezes invadi o quarto dele para ficar falando sobre minha pesquisa e artigos que tinha lido, espécies que tinha encontrado, e lendo cada parágrafo que eu escrevia para que ele me dissesse se estava bom ou não. Os abraços e dancinhas que ele aparecia no meu quarto para fazer enquanto eu estava escrevendo não serão esquecidos.

Agradeço ao meu, até então, namorado, Caio Lima, que a todo momento me acompanhou nessa jornada, que me deu forças, apoio, que me incentivou a continuar a lutar a cada dia, que mesmos nos momentos mais conturbados me fazia sorrir e sentir a sorte que é encontrar alguém que permaneça ao nosso lado. Agradeço aos demais familiares, minha avó, tias, tios primos e primas, em especial a minha prima Deisiane, que me incentivou a continuar no curso quando eu me senti incapaz.

Agradeço as minhas cadelinhas, Sofia e Filomena, em especial à Filomena, que adoeceu e faleceu logo após o término das coletas para esse estudo, a quem eu dedico essa minha vitória, pois não há no mundo algo que supere a felicidade que era tê-la lambendo minhas pernas quando eu chegava cansada dos campos de coleta. A melhor companheira que eu poderia desejar um dia ter.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, em especial aos professores Jorge Souza e Fabrício Baccaro que me orientaram e me auxiliaram a desenvolver e finalizar este estudo. Também aos professores que estiveram presentes nessa jornada, em especial ao professor Renato portela, que esteve presente me acompanhando e auxiliando nas coletas, à professora Cíntia Cornelius, que me auxiliou e ensinou tudo que sei sobre os sistemas de informação geográfica, ao professor Igor Kaefer, que me mostrou em uma de suas aulas a importância de acreditar em si mesmo, e ao saudoso professor Marcelo Menin, que sem a ajuda eu não teria conseguido continuar.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAM - Código Ambiental de Manaus

CIGS - Centro de Instrução de Guerra na Selva

INPA - Instituto de Pesquisas na Amazônia

MUSA – Museu da Amazônia

SEMMAS – Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área urbanizada do município de Manaus, Amazonas.....	13
Figura 2: Disposição dos oito pontos de amostragem em Manaus, Amazonas	15
Figura 3: Demonstração da escala de 1000 metros ao redor de cada ponto de amostragem e classes de cobertura e uso do solo do município de Manaus, Brasil.....	16
Figura 4: (a) Fixação dos pitfalls nas árvores ao longo dos transectos a aproximadamente 2 metros de altura a partir do solo; (b) Pitfalls com aproximadamente 150 ml de urina humana instalados nas árvores dos transectos nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.....	17
Figura 5: Triagem do material coletado nos oito pontos amostrados em Manaus, Brasil.....	18
Figura 6: Distribuição das espécies nos pontos de amostragem instalados nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.....	21
Figura 7: Distribuição da riqueza de espécies de formigas arborícolas conforme a porcentagem de cobertura florestal nos diferentes pontos de amostragem de Manaus, Brasil.....	22
Figura 8: Distribuição da riqueza de espécies de formigas arborícolas em razão dos níveis de fragmentação encontrados em cada ponto de amostragem, representados pelo eixo x.	23
Figura 9: Correlação entre proximidade geográfica dos pontos de amostragem analisados na cidade de Manaus, Brasil e a composição de espécies encontrada em cada um desses pontos.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Contagem geral de indivíduos por espécie em cada ponto de amostragem instalado nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.....	20
Tabela 2: Distribuição do percentual da cobertura vegetal em número de manchas para cada ponto de amostragem em Manaus, Brasil.	22

RESUMO

O processo de urbanização é o maior responsável pela perda e fragmentação de habitats naturais modificando diversos fatores ambientais, sendo assim com o intuito de preservar a biodiversidade e promover funções diversas à população, são criadas as áreas verdes. Por serem engenheiras ecossistêmicas as formigas possuem um importante papel sobre o fluxo de energia do ecossistema onde se encontram, no entanto são animais sensíveis às alterações ambientais, muitos são os estudos com foco em formigas epigeicas, porém os focados em formigas arborícolas em ambientes urbanos é escasso. Visto isso, este estudo visa analisar os efeitos da paisagem urbana a nível de paisagem (cobertura vegetal e número de fragmentos) sobre a riqueza de espécies de formigas e regional (distância entre áreas verdes) na composição das assembleias de formigas arborícolas de áreas verdes urbanas da cidade de Manaus, Amazonas. Para a coleta de dados das espécies de formigas arborícolas foram utilizados oito fragmentos florestais em áreas urbanizadas, e traçado, em cada um, um transecto de 250 metros onde 20 armadilhas do tipo pitfall com 150 ml de urina humana foram fixadas em árvores, a cada 25 metros, a cerca de 2 metros do solo. Foi delimitada uma escala de 1000 m para a análise a partir do ponto central de cada área e utilizados programas de sistemas de informação geográfica para caracterizar o uso de cobertura do solo. A proporção de cobertura florestal se atuou positivamente sobre a riqueza de formigas, áreas com maiores proporções possuíram maiores riquezas de espécies de formigas indicando um aumento dos recursos disponíveis. Já a fragmentação mostrou afetar negativamente a riqueza de espécies de formigas, aumentando a presença de espécies generalistas que prejudicam a permanência de espécies mais especialistas. À nível regional não foi observada influência da distância entre áreas verdes na composição das espécies de formigas, sugerindo um processo de coexistência entre as espécies encontradas nos fragmentos analisados.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem. Urbanização. Formigas arborícolas. Fragmentos florestais.

ABSTRACT

The urbanization process is the main cause of loss and natural habitat fragmentation, changing lots of ambiental variables. Therefore, in order to preserve the biodiversity and promote ambiental, social and psicologic functions to general population, green-urban areas are created. For being considered ecosystemical engineers, the ants have an important role in the energy flux of the ecosystem where they belong, Nonetheless, the ants are sensible animals who respond to ambiental alterations, there are many studies focusing in epigeic ants, but the ones focusing on urban arboeal ants are scants. Therewith, this research aims to analyze the effects of urban landscape on landscape scale (forest cover and fragments quantity) acting on ants species richness, and regional scale (distance between green-areas) acting on arboreal ants assemblage composition of green-urban areas from Manaus, Amazonas. For catching ants was used eight forest-fragments in urban areas and a 250 meters transect was drawn in each fragments, 20 pitfalls traps with 150 ml of human urine were fixed in trees, each 25 meters, about 2 meters from de ground. A 1000 meters scale was delimited starting from the center of each green-area in order to analyze the landscape metrics, and geographic information systems were used to determine the use and land cover. The forestal cover proportion acted positively on the species richness, green-areas who had better forestal cover proportion had better species richness implying na available resouce increase. In contrast, the fragmentation has shown affect negatively the species richness, increasing the presence of generalist species who prejudice the permanancy of the most specialist species. On regional scale was not observed the influency of the distance between green-areas on arboreal ants assemblage composition, suggesting a coexistence process among the ants species found on the green-areas.

Keywords: Landscape ecology. Urbanization. Arboreal ants. Green-urban areas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	12
Áreas de estudo	12
Métricas de paisagem	15
Coletas das formigas	17
Triagem e montagem	18
Análise de dados.....	18
RESULTADOS	19
Efeitos da proporção da cobertura florestal sobre a riqueza de espécies de formigas	22
Efeitos da fragmentação da cobertura florestal sobre a riqueza de espécies de formigas	22
Efeitos da distância entre pontos de amostragem sobre a composição de espécies de formigas	23
DISCUSSÃO	24
REFERÊNCIAS.....	27

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é o maior responsável pela perda e fragmentação de habitats naturais, modificando diversos fatores ambientais como aumento da temperatura, mudanças na hidrografia local e gerando poluição (Blair 2004; McKinney 2002). Esse processo desordenado de crescimento não planejado é planejado o que leva essas novas regiões, formadas pelo processo de urbanização, a não usufruir da mesma infraestrutura e saneamento básico que as demais partes da cidade, tornando o ambiente e os seres inseridos neste ambiente vulneráveis, pois sem planejamento adequado, as expansões constantes da cidade afetam negativamente a capacidade do ambiente em manter as condições necessárias à vida que lá habita (Cabral e Cândido 2019).

Esse processo leva a criação de áreas verdes que, segundo a atual Lei Florestal Federal (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012), são espaços com vegetação preferencialmente nativa, mas que também pode se apresentar de outras formas, porém com uma cobertura vegetal predominante. Inseridas nessas áreas verdes podemos destacar também os fragmentos florestais que, segundo o Código Ambiental do município de Manaus – CAM (Lei nº 605 de 24 de julho de 2001) são áreas de vegetação nativa em perímetro urbano. Essas áreas têm o objetivo de desempenhar funções sociais, estéticas, psicológicas, educativas e ecológicas, servindo como refúgio da biodiversidade, atuando ativamente na conservação das espécies (Bargos e Matias 2011; Maciel e Barbosa 2015; Ernstson et al. 2010).

Apesar das suas finalidades e das leis ambientais vigentes que tratam da adoção desses locais como espaços territoriais protegidos, muitas delas possuem uma grande heterogeneidade ambiental formada por processos de fragmentação afetando os níveis de cobertura vegetal dos solos dessas áreas que acaba ocasionando a criação de manchas que podem se tornar isoladas (Ernstson et al. 2010; Kudo, Pereira e Silva 2016; Melo et al. 2011). Além da criação dessas manchas de cobertura vegetal dentro das áreas verdes, deve-se verificar também a proximidade entre essas áreas, já que quanto maior for essa proximidade entre dois fragmentos florestais presentes em uma matriz urbana, maior deverá ser o fluxo de espécies entre elas (Melo et al. 2011).

Por serem engenheiras ecossistêmicas e pertencerem a diferentes níveis tróficos, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) agem diretamente sobre o fluxo de

energia de um habitat (Fonseca et al. 1997; Uno et al. 2010; Bueno et al. 2017; Thompson e McLachlan 2007) tendo um papel muito importante no enriquecimento do solo, decomposição da matéria orgânica, predação de outros invertebrados e dispersão de sementes o que afeta, de modo direto ou indireto, a configuração e composição das espécies no ambiente (Thompson e McLachlan 2007; Hölldobler e Wilson 1990; Azhagu et al. 2017). As formigas também representam uma parte importante da biomassa, podendo chegar a representar até 50% da biomassa animal de um local (Basset et al. 2012; Ellwood e Foster 2004; Fittkau e Klinge 1973). No entanto, apesar de estarem adaptadas a diversos ambientes as formigas são animais sensíveis às alterações ambientais (Uno et al. 2010; Underwood e Fischer 2006). Por exemplo, alguns trabalhos mostram uma redução no número de espécies em ambientes urbanos, sugerindo que esses locais funcionam como um filtro para as espécies (Sanford et al. 2009; Clarke et al. 2008).

Em um estudo de biogeografia realizado em ambientes urbanizados no estado de São Paulo, foi observado que o aumento da riqueza de espécies de formigas em áreas verdes, fragmentos florestais e áreas residenciais, estava relacionado tanto com a sua proximidade com áreas verdes quanto com o tamanho dessas áreas devido sua diversidade de micro-habitats (Fonseca et al. 1997).

Outros estudos em áreas verdes de ambientes urbanos, realizados tanto em fragmentos florestais como em áreas verdes residenciais ou praças também relataram uma menor riqueza de espécies presente nessas áreas inseridas em uma matriz urbana (Lessard e Buddle 2005; Bueno et al. 2017).

Porém, um estudo realizado na região amazônica observou a composição de espécies de formigas edáficas em fragmentos florestais urbanos bastante afetados por ação antrópica. Mesmo com a heterogeneidade ambiental apresentada pelos fragmentos não houve alteração significativa na composição das assembleias de formigas desses fragmentos que os diferenciasse de outros resultados encontrados nos estudos anteriores em florestas ombrófilas (Souza e Araújo 2020). Apesar de o Brasil possuir o maior número de trabalhos relacionados a formigas em ambientes urbanos (Bueno et al. 2017) a sua maioria está voltada para formigas edáficas, e poucos são os estudos com formigas arborícolas.

Podemos classificar como formigas arborícolas aquelas que forrageiam acima do nível do solo (Clay 2010), esse tipo de formiga caminha por uma gama maior de

superfícies que necessitam manter uma conexão, ou seja, áreas verdes afetadas por processos de fragmentação, que aumentam a distância a ser percorrida em solos sem cobertura vegetal, dificultam o processo de forrageamento de espécies de formigas arborícolas (Berto-Júnior 2017). Essa dificuldade de forrageamento em ambientes abertos pode ocasionar uma perda de fluxo de espécies entre os fragmentos florestais resultando em um isolamento e conseqüentemente uma perda gradual de espécies (Dáttilo et al. 2017; Ribeiro et al. 2020; Silva et al. 2019).

A proximidade entre fragmentos permite uma conectividade que auxilia na permanência das espécies nos ambientes (Dáttilo et al. 2017), devido a diminuição da matriz urbana que as espécies de formigas devem percorrer em busca de recursos, esse fluxo de espécies, facilitado pela proximidade de fragmentos, favorece a similaridade entre a composição das espécies.

Portanto, em áreas verdes urbanas a cobertura vegetal e a conectividade dessa cobertura principalmente, são essenciais para a resiliência dessas espécies. Assim, este estudo visa analisar os efeitos da paisagem urbana a nível local (cobertura vegetal e número de fragmentos) e regional (distância entre áreas verdes) na composição das assembleias de formigas arborícolas de áreas verdes urbanas da cidade de Manaus, Amazonas.

Para analisar os efeitos da paisagem urbana a nível de paisagem sobre as formigas, investigamos duas hipóteses: (i) a riqueza de espécies é maior em áreas com maior cobertura vegetal; e (ii) a riqueza de espécies é maior em áreas com menos fragmentos florestais. Para a análise dos efeitos da paisagem urbana à nível regional a hipótese testada será: as áreas verdes (pontos amostrais) próximas, possuem composição das assembleias de formigas mais similar entre elas quando comparada com áreas distantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Este estudo foi desenvolvido no município de Manaus, Amazonas, Brasil. O município de Manaus pertence ao bioma Amazônico com uma área total 11.401,092 km² (IBGE 2021) e com uma área urbana de 241,25 km² (IBGE 2017) (Figura 1).

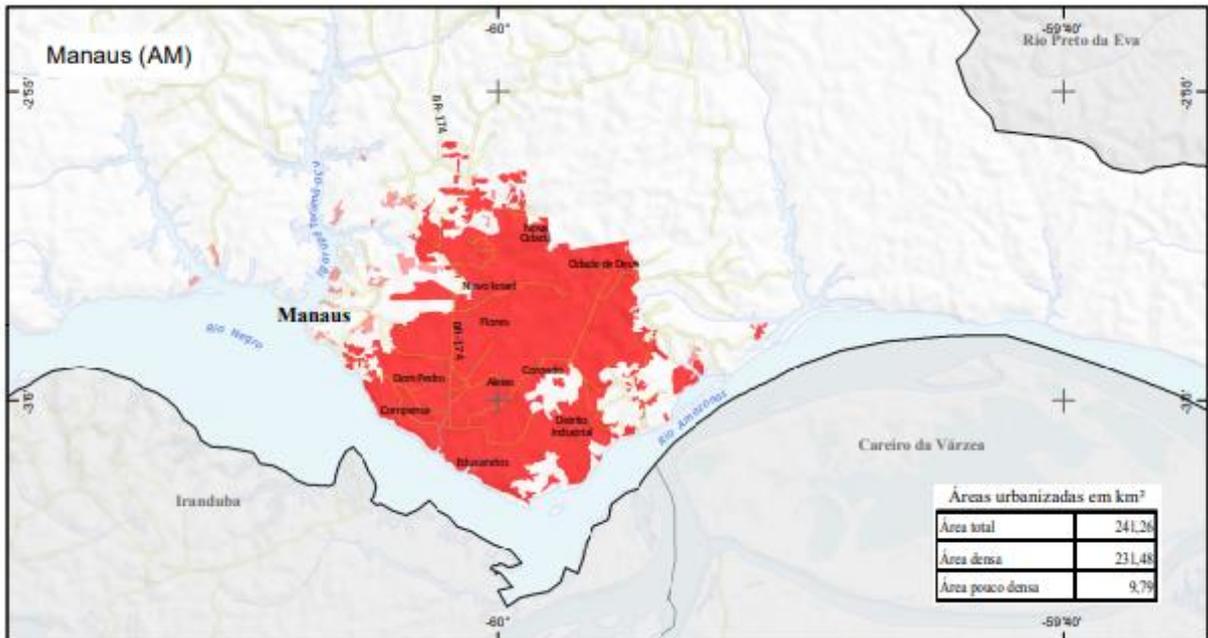


Figura 1: Mapa da área urbanizada do município de Manaus, Amazonas. (Fonte: IBGE 2015)

A cidade foi criada no século XVII e seu núcleo urbano teve início em 1669 (Manaus 2022), e por ser uma cidade que foi criada no meio de uma floresta, ainda restam fragmentos florestais em sua área urbana.

Manaus possui diversas áreas verdes urbanas distribuídas em propriedades públicas e privadas, dessas 8 foram selecionadas como pontos de amostragem levando em conta a distância mínima de 1 km entre elas e se estas estão situadas em região de terra firme (Figura 2). Em cada ponto de amostragem foi delimitado um transecto de 250 metros de extensão.

As áreas amostradas foram:

Reserva Florestal Adolpho Ducke: Área de proteção ambiental pertencente ao INPA (Instituto de Pesquisas na Amazônia) e regida pela SEMMAS (Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade) é localizada na zona norte de Manaus que possui 100 km² e é circundada em grande parte por uma matriz urbana (Hopkins 2005). Por conta de sua grande extensão, nesta reserva foram fixados dois pontos de amostragem, um localizado nas proximidades do Museu da Amazônia (MUSA) ou Jardim Botânico de Manaus – Adolpho Ducke que chamaremos de MA1 (59°56'9.6"O; 3°0'3.6"S) e outro localizado mais distante da região urbana próximo ao campus de pesquisa do INPA localizado na rodovia AM-010 que chamaremos de MA5 (59°57'43.2"O; 2°56'41.2"S).

Fragmento Florestal da UFAM (Universidade Federal do Amazonas): Fazendo parte da Área de proteção ambiental Floresta Manaós regida pela SEMMAS, possui 7,59 km² e se localiza na zona sul de Manaus, sendo o terceiro maior fragmento verde em área urbana do mundo e o primeiro do país (Caldas 2016). Aqui foi fixado um ponto de amostragem que chamaremos de MA2 (59°58'1.2"O; 3°5'56.4"S).

Fragmento florestal do CIGS (Centro de Instrução de Guerra na Selva): É um fragmento florestal localizado na zona oeste de Manaus e possui 1,13 km² de área verde (Anjos 2007) o ponto de amostragem aqui colocado foi denominado MA3 (60°2'27.6"O; 3°6'3.6"S).

Fragmento Florestal Campos Elíseos: Localizado na zona centro-oeste de Manaus, a área de mata se localiza nos arredores do Conjunto Campos Elíseos, no bairro Planalto, o ponto de amostragem deste lugar foi chamado de MA4 (60°3'3.6"O; 3°3'46.8"S).

Fragmento Florestal Parque Estadual Sumaúma: Situado na zona norte de Manaus, o Parque Estadual Sumaúma é uma unidade de conservação de proteção integral conta com uma área de 59 ha, de acordo com o decreto nº 23.721 de 05 de setembro de 2003, nele fixamos o ponto de amostragem MA6 (59°58'47.8"O; 3°2'13.2"S).

Fragmento Florestal Parque Municipal do Mindú: Criado com foco na preservação do sauim-de-coleira (*Saguinus bicolor*) o parque possui 40,8 ha de área (Cascais e Teran 2011) e é uma unidade de conservação de proteção integral regida pela SEMMAS e localizada na zona centro-sul de Manaus onde foi fixado o ponto de amostragem MA7 (60°0'10.8"O; 3°4'48"S).

Fragmento Florestal Terra Nova: Situado no bairro Colônia Terra Nova, na zona norte de Manaus, esse fragmento está inserido em uma área verde privada, nele inserimos o ponto de amostragem MA8 (60°0'3.6"O; 3°1'8.4"S).

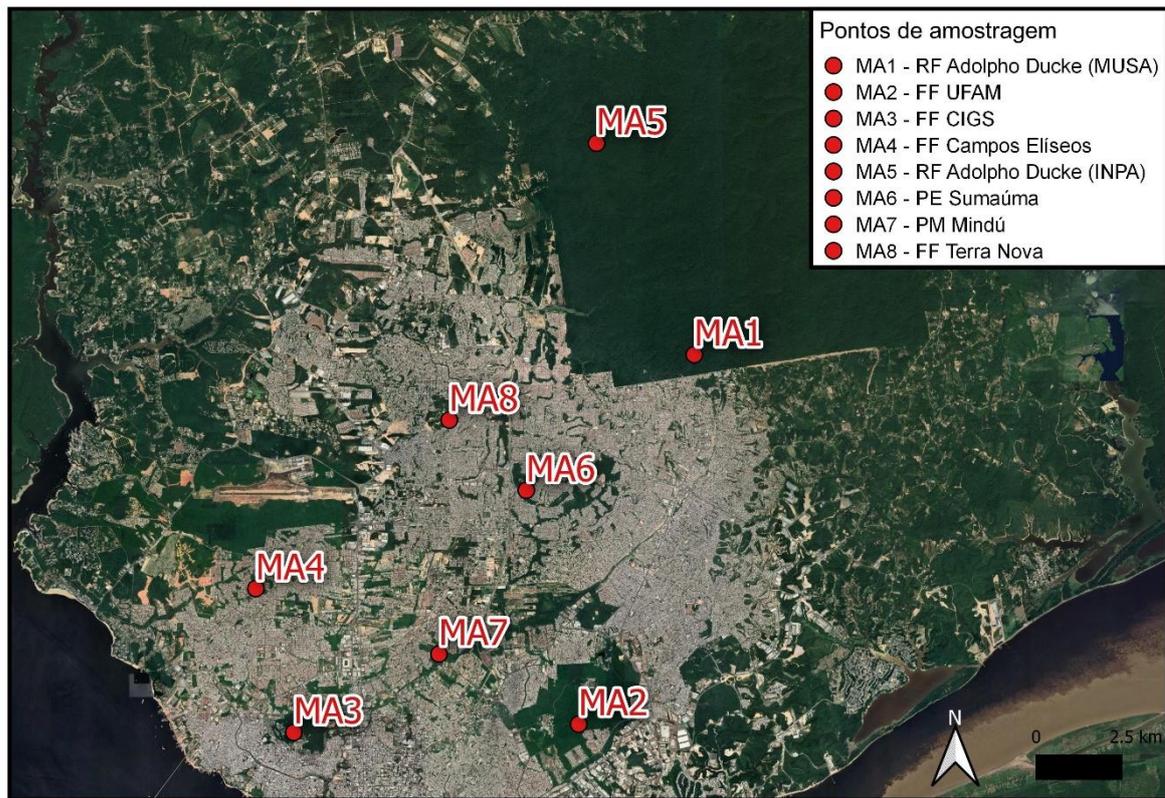


Figura 2: Disposição dos oito pontos de amostragem em Manaus, Amazonas. (Fonte: Google Satellite 2022)

Métricas de paisagem

A proporção de cobertura florestal e o número de manchas de cobertura florestal em cada ponto de amostragem foram calculados a partir de imagens de satélite do Google Earth Pro - Image© 2022 Maxar Technologies com auxílio das imagens raster do Projeto MapBiomias coleção 3.1 para gerar os mapas de uso e cobertura do solo (Projeto MapBiomias 2022).

A proporção de cobertura florestal juntamente com o número de manchas formadas por essa cobertura, foram calculados utilizando o programa de Sistema de Informação Geográfica QGIS 3.4.15 em uma área circular de 1000 m ao redor do da coordenada geográfica média de cada transecto (Figura 3), o que corresponde a uma área de aproximadamente 314 ha para cada ponto de amostragem.

Esse número de manchas de cobertura vegetal de cada área amostrada, caracteriza a fragmentação daquele habitat. Para uma melhor compreensão dos dados, daqui em diante, chamamos de escala de paisagem a área analisada a partir

do ponto de amostragem que corresponde a um raio de 1000 metros ao redor do ponto médio de cada transecto.

A partir da identificação das classes do solo, utilizando o pacote LecoS (Jung 2016) dentro do programa QGIS, foram calculadas as métricas de paisagem que aqui serão utilizadas.

Utilizamos o programa QGIS para classificar a cobertura do solo de e seus usos em cada ponto de amostragem conforme a classificação do MapBiomas para a coleção 3.1, o tipo de renderização utilizado foi a paletizada, as classes se dividiram em: (3) cobertura florestal; (13) outra formação natural não florestal; (15) pastagem; (19) cultura anual perene; (21) mosaico de agricultura e paisagem; (24) área urbanizada; (25) outras áreas não vegetadas; (30) mineração; (33) rio, lago ou mar. Cada classe foi representada com uma coloração específica no mapa para fins de visualização como representado na figura 3.

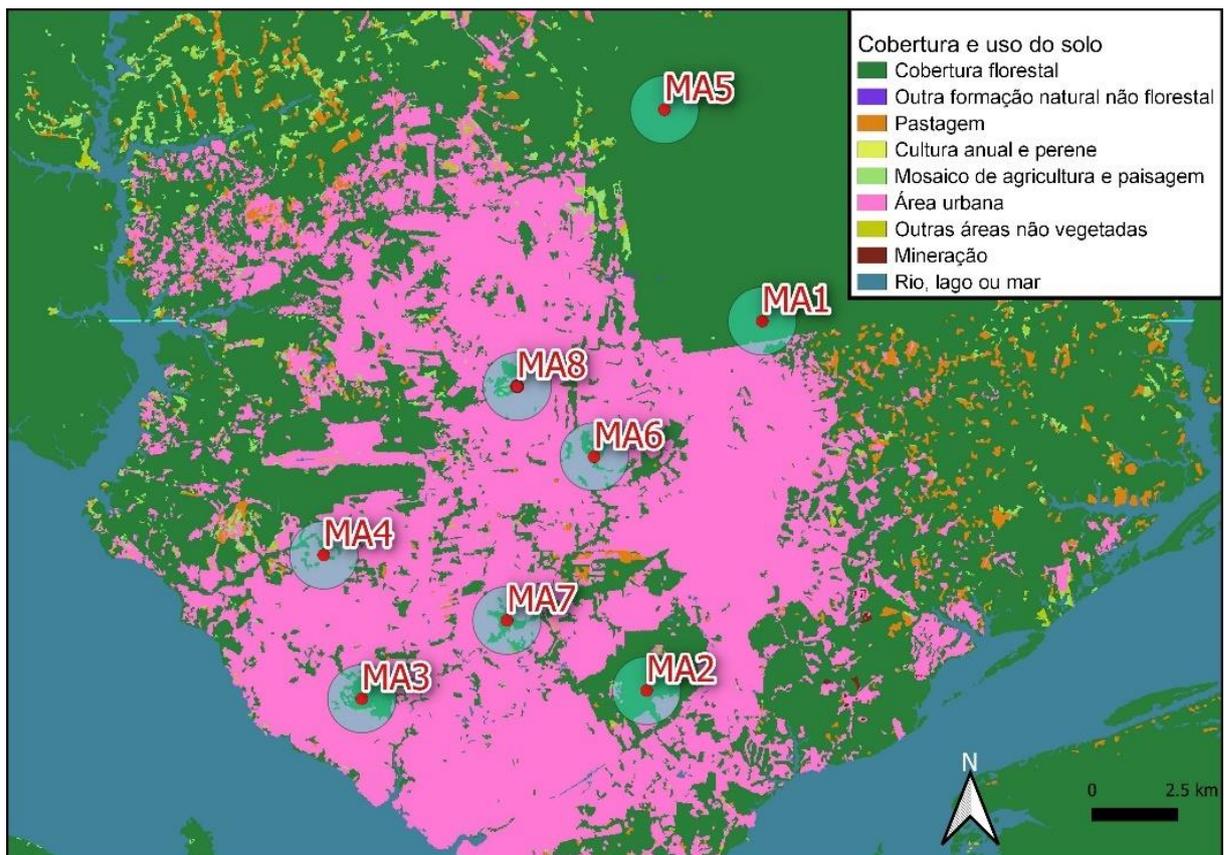


Figura 3: Demonstração da escala de 1000 metros ao redor de cada ponto de amostragem e classes de cobertura e uso do solo do município de Manaus, Brasil (Fonte: MapBiomas 2017)

Coletas das formigas

As coletas nos 8 pontos de amostragem foram realizadas no período de 25 de abril a 6 de maio de 2021. Ao longo de cada transecto, pregos foram utilizados para fixar, a cerca de 2 metros de altura cada, armadilhas de queda (pitfalls) em árvores (Figura 4a). Os pregos foram fixados com cuidado para não ferir as árvores (normalmente o prego ficou somente na casca da árvore). As armadilhas foram dispostas em pares por 10 pontos ao longo do transecto, com distância de 25 metros entre cada ponto. Distâncias como estas aumentam a significância das amostras de formigas arborícolas (Baccaro et al. 2011). Foram montadas 20 armadilhas por transecto, totalizando 160 armadilhas no total para toda cidade de Manaus.

Para atrair as formigas, foram colocados cerca de 150 ml de urina humana em cada pitfall (Figura 4b), a eficácia do uso da urina como isca para a captura de formigas foi relatada em diversos estudos recentes (Powell et al. 2011; Vasconcelos et al. 2017; Andrade-Silva e Almeida 2020). As armadilhas foram deixadas no local por um período de 48 horas. O conteúdo dos pitfalls foi retirado como auxílio uma peneira, utilizando funil e álcool 70%, posteriormente colocado em potes devidamente identificados com o ponto e o transecto do qual foi retirado e então o pote foi preenchido pela metade, cerca de 50 ml, com álcool 70% para conservar os espécimes.



Figura 4: (a) Fixação dos pitfalls nas árvores ao longo dos transectos a aproximadamente 2 metros de altura a partir do solo; (b) Pitfalls com aproximadamente 150 ml de urina humana instalados nas árvores dos transectos nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.

Triagem e montagem

Após a coleta, o material foi levado ao laboratório de ecologia animal da UFAM onde as formigas foram separadas manualmente, com o auxílio de uma lupa eletrônica, em eppendorfs respeitando a identificação por ponto e transecto (Figura 5).

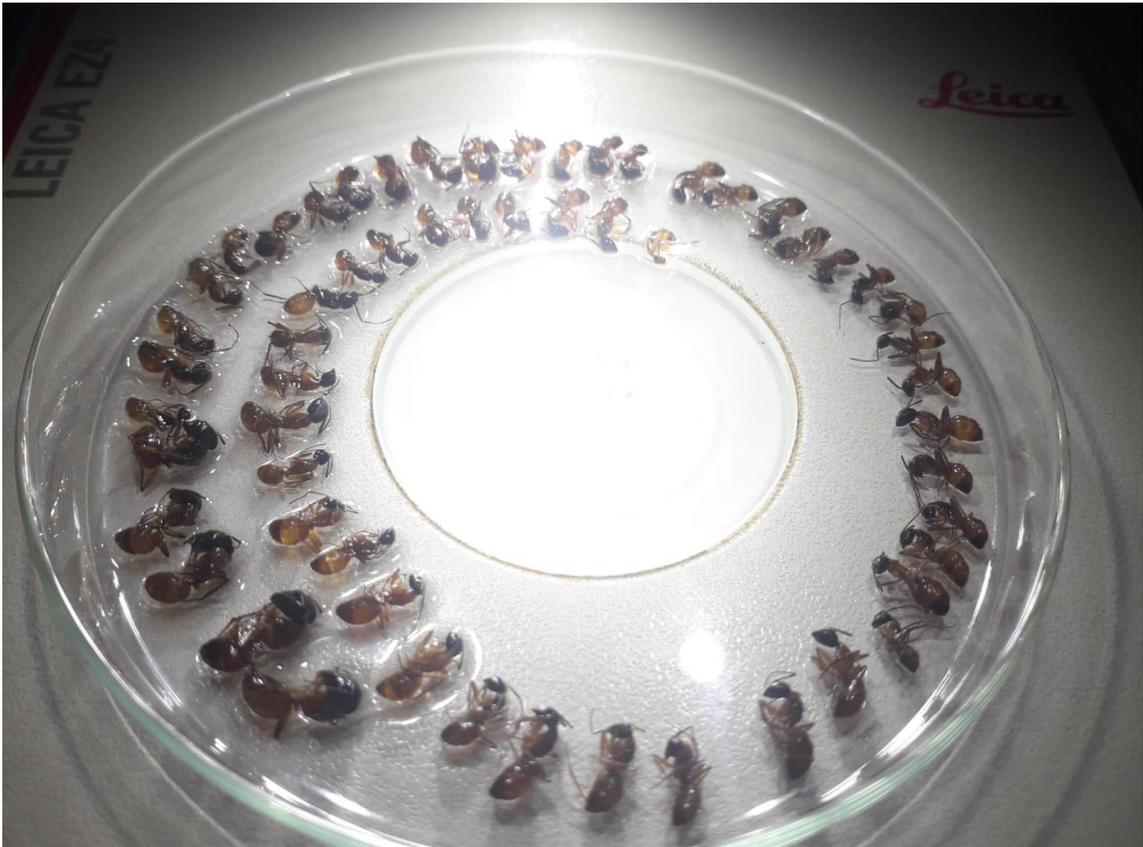


Figura 5: Triagem do material coletado nos oito pontos amostrados em Manaus, Brasil.

O material triado foi montado e separado para posterior identificação, para identificação à nível de gênero foi usado o Guia para gêneros de formigas do Brasil (Baccaro et al. 2015) e a identificação à nível de espécie o site AntWeb (AntWeb 2021), além de comparações com espécimes previamente identificadas por especialistas. O material testemunho será depositado na Coleção Zoológica Prof. Paulo Bührnheim da UFAM.

Análise de dados

As análises aqui realizadas foram executadas no programa R version 4.1.2 (R Core Team 2021). Para testar a o efeito da proporção da cobertura vegetal sobre a riqueza de espécies de formigas a nível local, foi realizada uma regressão simples

onde a variável preditora é a proporção de cobertura florestal na escala de 1000 m ao redor do ponto central de cada transecto de amostragem e a variável resposta foi a riqueza de espécies de formigas encontrada naquele local. Para fazer a regressão foi utilizada a função `Fitting Linear Models (lm)` do pacote `stats` do R.

Para que o efeito da fragmentação da área verde sobre a riqueza de espécies de formigas a nível local fosse testada, também foi utilizada a regressão simples, `Fitting Linear Models (lm)` do pacote `stats` do R, porém tendo como variável preditora o número de manchas de cobertura vegetal em cada ponto de amostragem na escala de 1000 m ao redor do ponto central de cada transecto, a variável resposta foi a riqueza de espécies do local.

Para o teste dos efeitos da paisagem a nível regional, foi utilizada uma regressão de matrizes. Foram criadas duas matrizes com o índice de dissimilaridade utilizando o método Bray-Curtis, uma como variável preditora, com os valores em coordenadas UTM de cada ponto de amostragem e outra como variável resposta, com as diferentes espécies encontradas em cada ponto de amostragem. A criação das matrizes foi realizada com a função `Dissimilarity Indices for Community Ecologists (vegdist)` do pacote `vegan` (Oksanen et al. 2020) do R. A regressão de matrizes foi realizada com o uso da função `Multiple Regression on Distance Matrices (MRM)` do pacote `ecodist` (Goslee e Urban, 2007).

RESULTADOS

No total, foram amostrados 545 indivíduos distribuídos em 54 espécies de formigas nas 8 áreas verdes urbanas estudadas de Manaus. A área com maior riqueza de espécies foi a referente ao ponto de amostragem MA1 (Reserva Florestal Adolpho Ducke, ponto próximo ao Jardim Botânico) com 16 espécies de formigas arborícolas, e a maior abundância de indivíduos foi registrada na área do Parque Municipal do Mindú (MA7) com 169 indivíduos. O ponto de amostragem com menor riqueza de espécies foi o MA4 e o com a menor abundância de indivíduos foram os pontos MA6 e MA8 com 8 espécies cada (Tabela 1 e Figura 6). De modo geral, o gênero com maior incidência entre todos os sítios foi *Camponotus* sendo a espécie *Camponotus atriceps* a de maior abundância (196 indivíduos). O gênero que contou com a maior quantidade de espécies amostradas foi *Crematogaster* com o total de 11 espécies diferentes distribuídas pelos transectos amostrados.

Tabela 1: Contagem geral de indivíduos por espécie em cada ponto de amostragem instalado nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.

Espécies	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5	MA 6	MA 7	MA 8	Abundância
<i>Dolichoderus bisponosus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	5
<i>Azteca</i> sp.1	0	4	0	0	1	0	0	1	6
<i>Azteca</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Linepithema aztecoides</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Linepithema</i> sp.1	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Ectatoma tuberculatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ectatoma brunneum</i>	0	0	4	0	0	1	0	1	6
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Camponotus atriceps</i>	11	0	30	0	67	1	11	76	196
<i>Camponotus fastigatus</i>	0	0	0	0	42	0	0	0	42
<i>Camponotus femoratus</i>	2	0	0	0	0	0	3	0	5
<i>Camponotus nitidior</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Camponotus</i> sp.1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Camponotus cf. pellifus</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2
<i>Nylanderia fulva</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Nylanderia caeceliae</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Nylanderia</i> sp.1	0	1	0	1	1	0	0	0	3
<i>Crematogaster brasiliensis</i>	0	1	0	1	21	5	3	0	31
<i>Crematogaster tenuicula</i>	1	0	2	1	5	0	0	0	9
<i>Crematogaster carinata</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Crematogaster limata</i>	2	0	0	0	0	0	30	0	32
<i>Crematogaster curvispinosa</i>	0	4	0	0	0	0	12	2	18
<i>Crematogaster levior</i>	3	0	0	0	0	0	26	0	29
<i>Crematogaster longispina</i>	0	0	2	1	11	0	0	0	14
<i>Crematogaster nigropilosa</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	2
<i>Crematogaster stollii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Crematogaster cf. egregior</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Crematogaster</i> sp.1	0	0	0	0	1	0	18	0	19
<i>Cephalotes atratus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cephalotes laminatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Trachymyrmex</i> sp.1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Solenopsis brevicornis</i>	0	0	9	0	0	0	24	0	33
<i>Solenopsis bicolor</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Solenopsis saevissima</i>	0	2	0	0	1	0	0	0	3
<i>Solenopsis</i> sp.1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Procryptocerus</i> sp.1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Atta laevigata</i>	0	0	2	0	0	2	28	0	32
<i>Nesomyrmex pleuriticus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>	0	2	0	0	0	0	9	0	11

<i>Ochetomyrmex semipolitus</i>	1	0	0	0	0	0	0	2	3
<i>Pheidole</i> sp.1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pheidole</i> sp.3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.4	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.5	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.6	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.7	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole</i> sp.8	1	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Rogeria</i> sp.1 (rainha)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Monomorium pharaonis</i>	0	1	0	1	0	1	0	2	5
<i>Anochetus emarginatus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total por ponto de amostragem	31	21	59	10	156	13	169	86	Total de indivíduos
									545

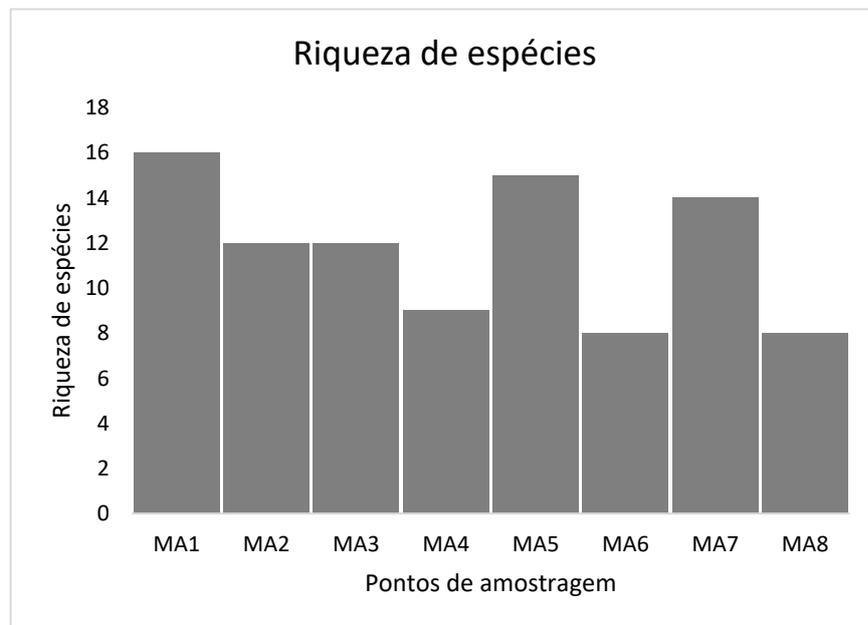


Figura 6: Distribuição das espécies nos pontos de amostragem instalados nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus, Brasil.

Nas análises de cobertura florestal dos pontos de amostragem utilizando a escala de 1000 metros, o fragmento com maior porcentagem de cobertura florestal foi o localizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke (MA5), tendo 100% da sua área analisada com cobertura florestal. O fragmento com a menor porcentagem de cobertura florestal foi o MA4, localizado no fragmento florestal do CIGS, com 14,5% de cobertura florestal na área analisada. Quanto as análises dos níveis de fragmentação dos pontos de amostragem, o fragmento com o maior número de manchas de cobertura florestal foi o localizado no Parque Estadual Sumaúma (MA6) e o único sem fragmentação foi o MA5 (Tabela 2).

Tabela 2: Distribuição do percentual da cobertura vegetal em número de manchas para cada ponto de amostragem em Manaus, Brasil.

Ponto de amostragem	Cobertura florestal (%)	Número de manchas
MA1	90,8%	3
MA2	79,70%	4
MA3	44,10%	3
MA4	14,50%	10
MA5	100%	1
MA6	22,00%	11
MA7	21,40%	9
MA8	15,60%	8

Efeitos da proporção da cobertura florestal na riqueza de espécies de formigas

Quanto maior a proporção da cobertura vegetal em um fragmento florestal na escala de 1000 metros, maior a riqueza de espécies de formigas arborícolas ($r^2 = 0,586$, $p = 0,026$). Esses resultados suportam nossa hipótese inicial, onde MA1 e MA5 (Reserva Ducke, MUSA e INPA respectivamente), que são os pontos de amostragem com maior porcentagem de cobertura florestal, possuem as maiores riquezas de espécies de formigas entre os fragmentos amostrados (Figura 7).

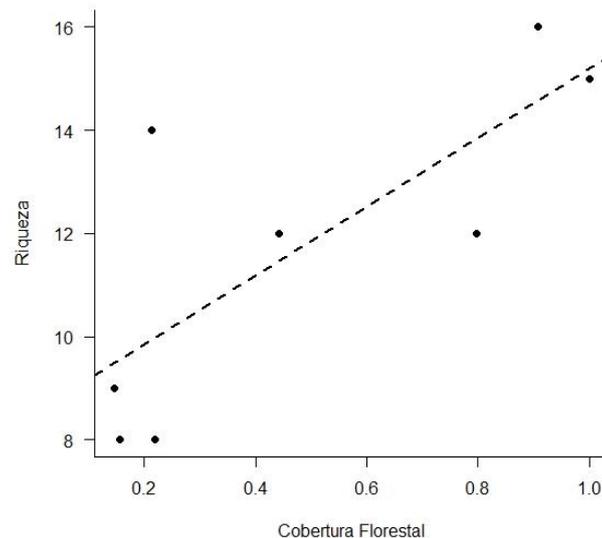


Figura 7: Distribuição da riqueza de espécies de formigas arborícolas conforme a porcentagem de cobertura florestal nos diferentes pontos de amostragem de Manaus, Brasil.

Efeitos da fragmentação na riqueza de espécies de formigas

O padrão geral da riqueza de espécies de formigas arborícolas e a fragmentação foi um pouco mais tênue. No entanto, detectamos uma relação negativa

entre a riqueza de espécies de formigas e o número de manchas de cobertura florestal ($r^2 = 0,526$, $p = 0,041$). Os pontos de amostragem fragmento florestal Campos Elíseos e Parque Estadual Sumaúma que obtiveram o maior número de manchas de cobertura vegetal, também foram os locais com maiores níveis de fragmentação. Concordando então com a hipótese proposta de que quanto maior a fragmentação da área verde menor é o número de espécies nela encontrados (Figura 8).

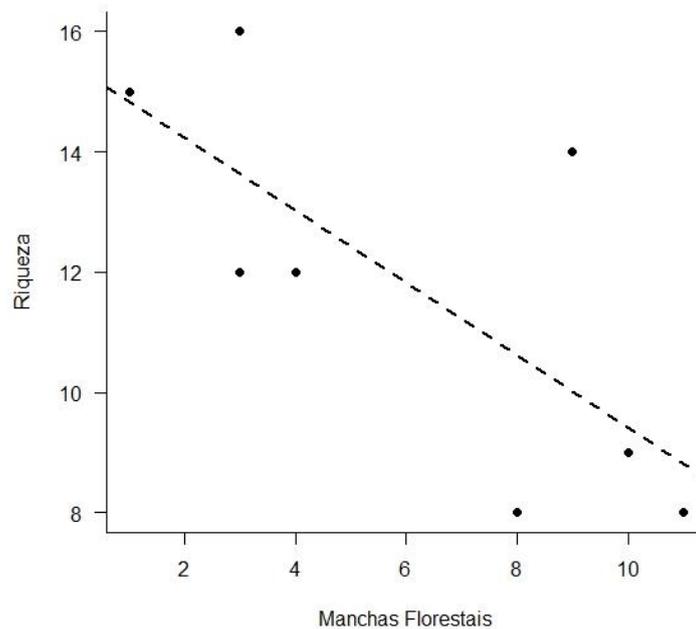


Figura 8: Distribuição da riqueza de espécies de formigas arborícolas em razão dos níveis de fragmentação encontrados em cada ponto de amostragem, representados pelo eixo x.

Efeitos da distância entre pontos de amostragem sobre a composição de espécies

Não detectamos influência da distância entre pontos de amostragem na composição de espécies de formigas de cada área analisada (valor de $p = 0,068$). Mostrando que todos os pontos de amostragem analisados possuem uma composição de espécies bastante similar independente da distância entre eles, refutando então a hipótese de que quando mais próximos os pontos de amostragem, mais similares seriam suas composições de espécies de formigas arborícolas (Figura 9).

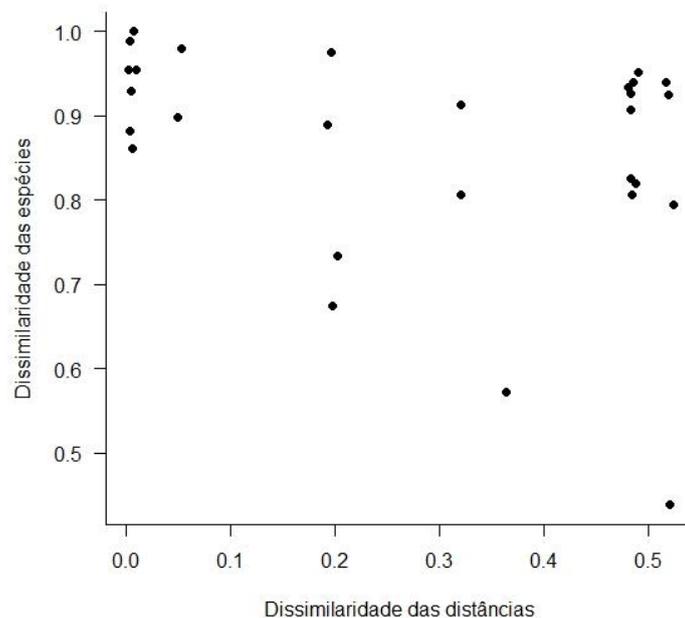


Figura 9: Correlação entre proximidade geográfica dos pontos de amostragem analisados na cidade de Manaus, Brasil e a composição de espécies encontrada em cada um desses pontos.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a sensibilidade das formigas à ambientes abertos registrados em diversos estudos com formigas epigeicas em fragmentos florestais inseridos em matriz urbana (Ślipński et al. 2012; Sanford et al. 2008; Morini et al. 2007; Santos-Silva et al. 2016) também se aplicam às formigas arborícolas das áreas verdes do município de Manaus. As maiores riquezas de espécies foram encontradas em locais com maiores áreas de cobertura florestal. Ambientes com uma maior cobertura florestal proporcionam uma maior variedade de habitats e conseqüentemente de recursos tais como, disponibilidade de locais para nidificação e de nutrientes (Morini et al. 2007; Lutinski 2013).

A diminuição da proporção de cobertura florestal nas áreas verdes urbanas, diversas vezes causada pela urbanização, resulta na perda desses habitats e recursos causando a diminuição da riqueza de espécies podendo gerar uma substituição gradativa de espécies especialistas e sensíveis a perturbações para espécies generalistas ou invasoras especialistas em ambientes abertos (Lutinski 2013; Santos 2015; Morini et al. 2007; Dáttilo et al. 2017; Bonfim-Kubatamaia et al. 2017).

Os resultados deste estudo acerca da relação entre riqueza de espécies e fragmentação mostraram que, assim como notado por outros autores em estudos de

formigas em fragmentos florestais urbanos, a fragmentação das áreas de cobertura florestal leva a diminuição da riqueza de espécies (Uno et al. 2010; Clarke et al. 2008; Santos 2015). A fragmentação altera a composição do ambiente (Melo e Delabie 2017; Lutinski et al. 2017; Uno et al. 2010) levando a criação de manchas isoladas, quanto mais manchas forem criadas em uma área, maior será a área da borda dessas manchas, fazendo com que as espécies sejam muitas vezes diretamente expostas a áreas urbanizadas e mais abertas.

Como se pôde observar anteriormente a quantidade de recursos em uma área cuja quantidade de cobertura florestal é grande, tende a ser maior (Morini et al. 2007; Lutinski 2014), porém se essa cobertura florestal estiver dividida em diversas partes isoladas será observado um nível elevado de heterogeneidade ambiental, que leva a alteração das variáveis microclimáticas tais como luminosidade, umidade relativa, temperatura e velocidade do vento que afetam negativamente a riqueza dessas espécies de formigas (Lutinski 2014).

As principais espécies afetadas por essas alterações são aquelas mais especializadas, favorecendo novamente o estabelecimento de espécies generalistas e invasoras que são associadas a ambientes abertos (Lutinski 2014; Santos 2015; Morini et al. 2007; Dáttilo et al. 2017; Bonfim-Kubatamaia et al. 2017). Nas áreas analisadas, foram identificadas espécies classificadas como formigas urbanas e estão aptas para viver em ambientes mais abertos tais como *Camponotus atriceps*, *Tapinoma melanocephalum*, *Solenopsis saevíssima* e *Pheidole spp.* (Albuquerque e Prado 2017; Costa 2004; Souza et al. 2007; Silva e Almeida 2020; Santos 2015; Lutinski 2013; Lutinski 2014; Guarda et al. 2018). Além da espécie mundialmente conhecida como praga, *Monomorium pharaonis* (Marques et al. 2002; Campos-Farinha et al. 2002). Outra espécie que foi encontrada em cinco dos oito pontos de amostragem foi *Crematogaster brasiliensis*, porém essa espécie apesar de generalista é adaptada a ambientes com pouca vegetação (Souza et al. 2007). Essas espécies generalistas se sobressaem em ambientes abertos aumentando a pressão sobre as espécies menos adaptadas a esses ambientes resultando na redução do número de espécies em áreas mais afetadas pela fragmentação, ou seja, com maior número de manchas de cobertura florestal.

Mesmo que a maior parte das áreas verdes analisadas nesse estudo sejam protegidas pelo CAM (Lei nº 605 de 24 de julho de 2001) a área mais fragmentada foi

a localizada no ponto MA6 (Parque Estadual Sumaúma), demonstrando a fragilidade desses ambientes mesmo que submetidos a uma legislação que, apesar de ser um dos principais métodos de conservação dessas áreas, se torna vulnerável devido aos diversos fatores advindos da urbanização e atividade antrópica (Pinheiro 2019). A ocupação irregular de áreas verdes e seus arredores para construção de moradias é comum em Manaus (Silvestrim et al. 2021), a invasão do Parque Estadual Sumaúma por populares para diversos fins, como atividades religiosas, banhos no igarapé, coleta de frutos e peixes de forma clandestina, também foi relatada no estudo de Oliveira (2012). Essas evidências reforçam a necessidade constante de fiscalização das áreas verdes de Manaus, ainda que essas sejam submetidas a legislação que visa a conservação, o uso de sistemas de sensoriamento remoto também auxilia no monitoramento do uso e cobertura do solo das unidades, prevenindo modificações (Braga 2016; Jacintho 2003).

No que se refere à composição de espécies dos pontos de amostragem foi notado que todos os pontos possuem grande similaridade, independente da proximidade entre eles. A falta dessa diferença significativa entre os pontos sugere que pode haver coexistência de espécies generalistas especialistas em ambientes abertos ou com pouca vegetação. De fato, registrou-se grande abundância de *Camponotus* e *Crematogaster* que são gêneros com espécies generalistas, e que pouco são afetadas pela falta de cobertura vegetal tendo uma ampla área de forrageamento (Albuquerque e Prado 2017; Souza et al. 2007), além das espécies *Crematogaster levior* e *Camponotus femoratus*, encontradas coexistindo neste estudo nos fragmentos Reserva Ducke MUSA (MA1) e Parque Municipal do Mindú (MA7), já possuem um histórico de coexistência e codominância (Dejean et al. 2007; Vicente e Izzo 2020).

Essa coexistência entre espécies sugere fatores de dominância e subdominância com forte competição entre espécies, muito encontrada entre formigas arborícolas devido a dinâmica na hierarquia baseada no tipo de recurso que cada espécie necessita, trofobiose, local de nidificação, temperatura, existência de comportamento predatório, entre outros (Conceição et al. 2015; Dejean et al. 2007; Baccaro 2006). Outros estudos já verificaram a presença de uma coexistência, subdominância ou uma forte competição, entre espécies diferentes, tanto com formigas epigeicas quanto arborícolas, em fragmentos florestais, sistemas agrícolas florestas e

savanas na região amazônica (Baccaro 2006; Marques et al. 2002; Vasconcelos e Vilhena 2006), Mata Atlântica (Macedo et al. 2011) e Bahia (Conceição et al. 2015; Majer et al. 1994).

Tais resultados remetem a resiliência das formigas, principalmente generalistas, frente a uma matriz majoritariamente urbana visto que a mesma similaridade entre composição de espécies foi descrita no estudo de Souza e Araújo (2020) e Baccaro et al. (2011) onde a proximidade entre fragmentos e a dominância não afetou a composição de espécies de formigas na Amazônia.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, E. Z.; Prado, L. P. 2017. Formigas em ambientes urbanos na região Norte: o estado da arte e perspectivas futuras. *In*: Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.
- Andrade-Silva, J.; Almeida, R. P. S. 2020. Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*. 15(1): 145-153.
- Anjos, H.D.B. 2007. Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas. Amazonas: 101 p.
- AntWeb. 2021. Version 8.68.7. California Academy of Science. Disponível em: <https://www.antweb.org>. Acesso em: dez. 2021
- Área territorial brasileira 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- Áreas urbanizadas do Brasil : 2015 / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro : IBGE, 2017.
- Azhagu, R. R. et al. 2017. Diversity and distribution of ant species (Hymenoptera: Formicidae), in Pachaiyappa's College, Kanchipuram, Tamil Nadu, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(1): 459-464.
- Baccaro, F. B. 2006. Densidade de iscas e variáveis ambientais influenciando a dominância nas comunidades de formigas em Florestas de Terra Firme, Amazônia Central, Manaus(AM). Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas na Amazônia. 74 p.
- Baccaro, F. B.; Ketelhut, S. M.; Morais, J. W. 2011. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. 41(1): 115-122.
- Baccaro, F. B. et al. 2012. Limited effects of dominant ants on assemblage species richness in three Amazon forests. *Ecological Entomology*. 37: 1-12.

- Baccaro, F. B. et al. 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus, Editora INPA, 388 p.
- Bargos, D. C.; Matias L. F. 2011. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. REVSBAU: Piracicaba (SP). 6(3):172-188.
- Basset, Y. et al. 2012. Arthropod diversity in a tropical forest. *Science*. 338: 1481-1484.
- Berto Júnior, V. 2017. Fatores e processos estruturadores das comunidades de formigas (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) de árvores urbanas: uma perspectiva de metacomunidades. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul.
- Blair, R. 2004. The effects of urban sprawl on birds at multiple levels of biological organization. *Ecology and Society*, 9(5):2.
- Bonfim-Kubatamaia, E. G. et al. 2017. Parques urbanos na conservação da diversidade de formigas: estudo de caso na cidade de Mogi das Cruzes (São Paulo). *In: Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.*
- Braga, A. R. O. 2016. Estrutura da paisagem e a conectividade entre os fragmentos florestais do entorno da Cidade Universitária do Estado do Amazonas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas na Amazônia. 68 p.
- Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.
- Cabral, L.N.; e Cândido, G.A. 2019. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*. 11: 1-13.
- Caldas, S.R. 2016. Impactos ambientais sobre a floresta da UFAM. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas: Amazonas. 181 p.
- Campos-Farinha, A. E. C. et al. 2002. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. *Biológico: São Paulo*. 64(2): 129-133.
- Cascals, M. G. A.; Teran, A. F. 2011. Parque Municipal do Mindú: espaço de lazer cultura e educação ambiental. XII Reunião Bienal da rede POP: São Paulo. Disponível em: http://files.ensinodeciencia.webnode.com.br/200000313-4ed074fced/2011_Parque%20Municipal%20do%20Mind%C3%BA_esp%C3%A7o%20de%20lazer%2C%20cultura%20e%20educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental.pdf. Acesso em: jan. 2022.
- Clarke, K. M.; Fisher, B. L.; LeBuhn, G. 2008. The influence of urban park characteristics on ant (Hymenoptera, Formicidae) communities. *Urban Ecosystems*. 11: 317-334.
- Clay, N. A. et al. Arboreal substrates influence foraging in tropical ants. *Ecological Entomology*. 35:417-423.

- Conceição, E. S. et al. 2015. Structural changes in arboreal ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in an age sequence of cocoa plantations in the south-east of Bahia, Brazil. *Austral Entomology*. 54:315-324.
- Costa, A. P. 2004. Forrageamento de *Camponotus atriceps* Smith, 1858 (Hymenoptera: Formicidae) sob condições antrópicas, em Uberlândia, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 26 p.
- Dáttilo, W. et al. 2017. Redes complexas no estudo das interações ecológicas entre formigas e plantas em ambientes urbanos: um novo modelo conceitual. *In*: Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.
- Dejean, A. et al. 2007. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. *Functional Ecosystems and Communities*. 1(2):105-120.
- Ellwood, M. D. F.; Foster, W. A. 2004. Doubling the estimate of invertebrate biomass in a rainforest canopy. *Nature*. 429. Disponível em: www.nature.com/nature. Acesso em: jan. 2022.
- Ernstson, H. et al. 2010. Scale-crossing brokers and network governance of urban ecosystem services: the case of Stockholm. *Ecology and Society* 15(4):28.
- Fittkau, E. J.; Klinge, H. 1973. On biomass and trophic structure of the central amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*. 5(1): 2-14.
- Fonseca, M.A.; Campo, T.C.; Fowler, H.G. 1997. Biogeografia urbanas: praças municipais como ilhas para comunidades de formigas (Hymenóptera: Formicidae). *Acta Biologia Leopoldensia*. 19:45- 49.
- Guarda, C. et al. 2018. Assembleia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambientes escolares urbanos. *Revista NBC: Belo Horizonte*. 8(15):35-52.
- Goslee, S. C.; Urban, D. L. 2007. The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical Software*. 22(7):1-19. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v022i07>. Acesso em: jan. 2022.
- Hölldobler, B.; Wilson, E.O. 1990. *The ants*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachussetts.
- Hopkins, M. J. G. 2005. Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia*. 56(86):9-25.
- Jacinto, L. R. C. 2003. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 110 p.
- Jung, M. 2016. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis, *Ecological Informatics*, 31, 18-21. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>.

- Kudo, S. A.; Pereira, H. S.; Silva, S. C. P. 2016. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental urbanística da cidade de Manaus. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. 38:521-540.
- Lessard, J.; Buddle, C. 2005. The effects of urbanization on ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) associated with the Molson Nature Reserve, Quebec. *The Canadian Entomologist*. 137(2): 215-225.
- Lutinski, J. A.; Lopes, B. C.; Morais, A. B. B. 2013. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. *Biota Neotropica*. 13(3):332-342.
- Lutinski, J. A. 2014. Conservação da biodiversidade em parques públicos da cidade do Rio de Janeiro: um estudo usando formigas (Hymenoptera: Formicidae). Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 109 p.
- Lutinski, J. A. et al. 2017. Formigas em ambientes urbanos no Sul do Brasil. *In*: Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.
- Manaus (AM). Prefeitura. 2014. Disponível em: <http://www.manaus.am.gov.br>. Acesso em: jan. 2022.
- Macedo, L. P. M.; Filho, E. B.; Delabie, J. H. C. 2011. Epigeal ant communities in Atlantic Forest remnants of São Paulo: a comparative study using the guild concept. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55(1):75-78.
- Maciel, T. T.; Barbosa B. C. 2015. Áreas verdes urbanas: história, conceitos e importância ecológica. *CES Revista: Juiz de Fora*. 29:30-42.
- Majer, J. D.; Delabie, J. H. C.; Smith, M. R. B. 1994. Arboreal ant Community patterns in brazilian cocoa farms. *Biotropica*. 26(1):73-83.
- Marques, A. P. C.; Ale-Rocha, R.; Rafael, J. A. 2002. Levantamento de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em residências de Manaus, estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*. 32(1):133-140.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, 52(10):883-890.
- Melo, A. G. C. et al. 2011. Fragmentos florestais urbanos. *R.C.E.E.F.: São Paulo*. 17(1):58-79.
- Melo, T. S.; Delabie, J. H. C. 2017. Ecologia e conservação da biodiversidade de formigas em ambientes urbanos. *In*: Bueno, O.C; Campos, A.E. de C.; Morini, M.S. de C. (Ed.). 2017. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, São Paulo: Canal 6.
- Morini, M. S. C. et al. 2007. Comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de Mata Atlântica situados em áreas urbanizadas. *Iheringia. Série Zoologia: Porto Alegre*. 97(3): 246-252.

- Oksanen, J. et al. 2020. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira, V. L. F. 2012. Subsídios para o plano de uso público do Parque Estadual Sumaúma. Dissertação de mestrado. Instituto de Pesquisas na Amazônia: Manaus. 89 p.
- Pinheiro, P. F. V. 2019. Fragmentação florestal em áreas protegidas na Amazônia maranhense e conservação da biodiversidade. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará. 150 p.
- Powell, S. et al. 2011. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *Journal of Animal Ecology*. 80:352-360.
- Projeto MapBiomias – Coleção 3.1 . 2017. Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/> Acesso em: jan. 2022.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro, M. P.; Melo, K.; Valente, R. A. 2020. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. *Ciência Florestal: Santa Maria*. 30(3):819-834.
- Sanford, M. P.; Manley, P. N.; Murphy, D. D. 2009. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. *Conservation Biology*. 23(1):131-141.
- Santos, M. N. 2015. Conservação da biodiversidade em parques públicos da cidade do Rio de Janeiro: um estudo usando formigas (Hymenoptera: Formicidae). Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 204 p.
- Santos-Silva, L.; Vicente, R. E.; Feitosa, R. M. 2016. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. *Check List*. 12(3): 1885
- Silva, A. L. et al. 2019. Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. *Ciência Florestal: Santa Maria*. 29(3): 1254-1269.
- Silvestrim, E. G. et al. 2021. Uma visão sobre a degradação ambiental causada pelas ocupações irregulares em áreas verdes na cidade de Manaus-AM. *Research, Society and Development*. 10(16):1-11.
- Ślipiński, P.; Żmihorski, M.; Czechowski, W. 2012. Species diversity and nestedness of ant assemblages in an urban environment. *European Journal Entomology*. 109: 197-206. Disponível em: <http://www.eje.cz/artkey/eje-201202-0009.php>. Acesso em: jan. 2022.
- Souza, J. L. P. et al. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla*(Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos

métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. *Acta Amazônica*. 37(4): 649-656.

Souza, J. L. P.; Araújo, J. S. 2020. Evaluation of Sampling Techniques and Influence of Environmental Variables on Ants in Forest Fragments in an Oil Extraction Area in the Amazon. *Sociobiology*.67(3):364-375.

Thompson, B.; McLachlan, S. 2007. The effects of urbanization on ant communities and myrmecochory in Manitoba, Canada. *Urban Ecosystems*. 10: 43-52.

Uno, S.; Cotton, J.; Philpott, S.M. 2010. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Urban Ecosystem*, 13: 425-441.

Vasconcelos, H. L.; Vilhena, J. M. S. 2006. Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the Brazilian Amazon: a comparison of forests and savannas. *Biotropica*. 38(1):100-106.

Vasconcelos, H. L. et al. 2017. Neotropical savanna ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna. *Journal of Biogeography*. 1-11.

Vicente, R. E.; Izzo, T. J. 2020. Effect of dominant parabiotic ant-garden ants on the understory and ground-dwelling ant assemblage in the Amazon rainforest. *Insect Conservation and Diversity*, doi: 10.1111/icad.12449. _____. Decreto 23.721 de 05 de setembro de 2003. Cria o Parque Estadual Sumaúma (PAREST Sumaúma) no município de Manaus e dá outras providências. *Diário Oficial [do] Estado do Amazonas. Poder Executivo. Amazonas*. de 08 de setembro de 2003. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/F0D00560.pdf>. Acesso em: jan. 2022.

_____. Lei nº 12.651, publicada em 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67. de 24 de agosto de 2001. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651. Acesso em: jan. 2022.

_____. Lei nº 605, publicada em 24 de julho de 2001. Institui o código ambiental do município de Manaus e dá outras providências. de 24 de julho de 2001. Disponível em: <http://dom.manaus.am.gov.br/pdf/2001/julho/dom20010724cad1.pdf/view> Acesso em: jan. 2022.