



Universidade Estadual de Goiás - Campus Central
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado

MARIANNA ALICE DA SILVA

**SIMILARIDADE AMBIENTAL E GEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES DE FELINOS
DETECTADA POR PESQUISADORES E CIENTISTAS CIDADÃOS**

Anápolis,
2022



MARIANNA ALICE DA SILVA

**SIMILARIDADE AMBIENTAL E GEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES DE FELINOS
DETECTADA POR PESQUISADORES E CIENTISTAS CIDADÃOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Nabout

Anápolis,
2022

Silva, Marianna Alice da.

Similaridade ambiental e geográfica das espécies de felinos detectada por cientistas e cidadãos cientistas/ Marianna Alice da Silva– 2022.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Nabout

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2015.



Agradecimentos

Agradeço profundamente as pessoas que me apoiaram durante esse tempo de estudo e crescimento profissional e acadêmico.

Prof. Dr. João Carlos Nabout que por dois anos me orientou com zelo e paciência ajudando a moldar a profissional que tenho me tornado a cada dia. A Prof. Dra. Geiziane Tassarolo que se dispôs prontamente a contribuir com um processo tão importante deste trabalho, a limpeza dos dados.

Agradeço também os professores: Dr. Rodrigo Assis de Carvalho e Dra. Héliida Ferreira da Cunha que contribuíram com este trabalho com sugestões ainda quando se tratava apenas de um projeto e posteriormente na etapa de qualificação.

A todos estes, e tantos outros que não citei aqui, mas que tenho profunda admiração, muito obrigada!



A humildade é o primeiro
degrau para a sabedoria.

Santo Tomás de Aquino



SUMÁRIO

Resumo	07
Abstract	07
Introdução	08
Materiais e Métodos.....	10
Resultados	14
Discussão	21
Conclusão	23
Referências	23
Material Suplementar.....	26

Resumo

A ciência cidadã têm se mostrado uma importante aliada de pesquisas científicas principalmente por fornecer dados por meio de plataformas como o Inaturalist que conta com estratégias que garantem a redução de erros amostrais como identificação taxonômica ou de registros de localização geográfica. Contudo, muito se questiona acerca da confiabilidade de dados advindos da ciência cidadã haja vista que a falta de experiência por parte dos cidadãos cientistas pode aumentar os riscos de uma amostragem viesada. Neste trabalho avaliamos a presença de vieses em dados provenientes de ciência cidadã, para isso foi avaliada a similaridade ambiental e geográfica entre o conjunto de dados científicos e de ciência cidadã de espécies da família felidae com a construção de envelopes espaciais e climáticos a partir dos dados de cada grupo e obtenção do percentual de sobreposição dos envelopes para cada espécie. Avaliamos também se as variáveis: tamanho corporal, tipo de habitat e nível de ameaça das espécies podem explicar a variação ambiental e geográfica encontrada entre os envelopes climáticos e espaciais de pesquisadores e cientistas cidadãos. Como resultado encontramos que o nicho ambiental e espacial descrito pelos cientistas cidadãos e pelo cientista apresentam similaridades e que atributos das espécies como tamanho do corpo e nível de ameaça explicam a variação da similaridade usando como exemplo as espécies de felinos encontradas no mundo. Dessa forma, as hipóteses do presente trabalho foram parcialmente corroboradas, e somente para o tipo de habitat não foi possível de explicar a variação da similaridade climática e espacial entre o cientista cidadão e profissional.

Abstract

Citizen science has proved to be an important ally of scientific research, mainly by providing data through platforms such as Inaturalist, which has strategies that guarantee the reduction of sampling errors such as taxonomic identification or geographic location records. However, much is questioned about the reliability of data from citizen science, given that the lack of experience on the part of citizen scientists can increase the risks of biased sampling. In this work, we evaluated the presence of biases in data from citizen science, for this, the environmental and geographic similarity between the scientific and citizen science data set of species of the felidae family was evaluated with the construction of spatial and climatic envelopes from the data. of each group and obtaining the percentage of envelope overlap for

each species. We also evaluated whether the variables: body size, habitat type and species threat level can explain the environmental and geographic variation found between the climatic and spatial envelopes of scientists and citizen scientists. In this work we found that the environmental and spatial niche described by the citizen scientists and the professional present similarities and that species attributes such as body size and threat level explain the variation of similarity using as an example the feline species found in the world. Thus, the hypotheses of the present work were partially corroborated, and only the type of habitat could not explain the variation in climatic and spatial similarity between the citizen and professional scientist.

INTRODUÇÃO

O interesse e contribuição de amadores na ciência têm aumentando ao longo dos anos, (Tiago; Pereira; Capinha, 2017)), na literatura científica essa contribuição é chamada “citizen science”, em português ciência cidadã. Essa prática, que consiste na colaboração entre cidadãos leigos e pesquisadores na realização de pesquisas, permite que esses cidadãos participem ativamente da produção científica principalmente no processo de coleta de dados (Mamede; Benites; José Rodrigues Alho, 2017; Johnson et al., 2020). Portanto pode se apresentar como uma ferramenta no desenvolvimento e propagação de pesquisas científicas (Little; hayashi; Liang, 2016)

Esse tipo de colaboração tem ganhado notoriedade em diversas áreas do conhecimento, principalmente relacionadas às ciências ambientais, agronomia, genética e ecologia (Dickinson; Zuckerberg; Bonter, 2010). Para o pesquisador ambiental, as vantagens estão relacionadas a uma pesquisa com maior esforço amostral e maior variabilidade de dados dispersos no espaço e no tempo, isso é possível, pois os cidadãos oferecem um trabalho voluntário que amplia significativamente a obtenção e variabilidade de dados da pesquisa visto que as pessoas estão dispersas no ambiente (Bonney et al., 2009).

Para o cidadão, essa prática proporciona experiências de aprendizagem ampliando a alfabetização científica (Thornton; Leahy, 2012). Pode ser entendida como uma forma de democratizar a ciência ao levar o conhecimento à população, bem como ao difundir na sociedade o método científico (Cooper et al., 2007). Algumas discussões questionam a confiabilidade dos dados obtidos pela ciência cidadã visto que a falta de experiência pode levar

a erros de identificação taxonômica e vieses que reduzem a precisão dos dados (Tiago; Pereira; Capinha, 2017).

Em um estudo envolvendo um projeto de ciência cidadã, por exemplo, foi avaliada a qualidade de dados coletados com armadilhas fotográficas programadas e instaladas por cientistas cidadãos. Segundo o trabalho, a estratégia de planejar, incentivar e suplementar a amostragem pode resultar em um tamanho amostral robusto e representativo para projetos que envolvam ciência cidadã (Kays et al., 2021). Assim como Callaghan et al., (2020) mostram em seu trabalho que um tamanho amostral suficientemente grande de dados advindos de ciência cidadã pode superar possíveis vieses e fornecer informações confiáveis e relevantes tanto quanto aquelas obtidas com dados coletados profissionalmente.

Apesar da importância e uso de informações fornecidas por cidadãos para o desenvolvimento científico, como por exemplo da distribuição geográfica das espécies, destaca-se que algumas espécies podem ser mais atrativas para o cientista cidadão. Conseqüentemente algumas espécies podem conter mais informações provenientes de ciência cidadã do que outras espécies (Thornton; Leahy, 2012). Por exemplo com tamanho corpóreo maior podem apresentar maiores informações por parte dos cientistas cidadãos do que espécies menores (Boakes et al., 2010). Semelhantemente, outros atributos como abundância, espécies carismáticas, ou espécies mais acessíveis podem contribuir para a preferência de cientistas cidadãos.

Stevenson; Merrill; Burn, (2021), por exemplo, ao avaliarem a qualidade de dados fornecidos por estudantes do primeiro período da Universidade de Massachusetts, observaram que os alunos coletavam mais informações de alguns táxons (principalmente plantas, que estavam florescendo ou frutificando, e animais) do que outros como fungos e algas. Dessa forma, compreender a variação do conhecimento do cientista cidadão sobre a biodiversidade é de extrema importância e pode ajudar a determinar se as informações ecológicas estimadas por ele variam em função de atributos associados a espécies (p.ex. atributos ecológicos).

Uma importante contribuição do cientista cidadão é fornecer registros de ocorrência das espécies. Essa informação pode ser usada para compreender suas tolerâncias climáticas e por sua vez seu nicho climático (Levinsky et al., 2013), além da própria distribuição geográfica. Além disso, o conhecimento do nicho climático é fundamental para estimar a distribuição geográfica das espécies, como o uso dos modelos de nicho ecológico (Costa; Carnaval; Toledo, 2012).

Diante disso, o pesquisador tem obtido informações com as atividades do cientista cidadão, entretanto, torna-se importante investigar a similaridade ambiental e geográfica detectada pelos cientistas e cidadãos (ver p.ex. Tiago, Pereira & Capinha, 2017), uma vez que atributos morfológicos das espécies podem direcionar a busca de ambos os grupos (cidadão e cientista).

O grupo alvo deste estudo, são animais da família Felidae. Essa família possui 38 espécies descritas, e com diversas informações ecológicas e evolutivas (citar algum aquele capítulo de livro ou aquele artigo das filogenias). A escolha desse grupo se deve a sua importância ecológica, por se tratarem de espécies importantes para os ecossistemas naturais, por serem predadores que ajudam na regulação de populações de diversos outros grupos, bem como pelo grupo apresentar espécies ameaçadas de extinção, bem como espécies carismáticas que podem atrair maior atenção e também por sua variedade de espécies com diferentes tamanhos corporais, característica essencial para realização deste trabalho (Chiarello et al., 2008).

Como mostrado no trabalho de Dagorne; Kanté; Rose (2020), onde turistas auxiliaram no monitoramento de populações de leões *Panthera onca*. Segundo o estudo, a ciência cidadã se mostrou importante para o envolvimento dos turistas no projeto de modo a favorecer a observação responsável e indiretamente contribuir para a proteção e conservação dos leões, além de fornecer dados complementares para diversos projetos realizados na área de estudo.

Neste trabalho objetivamos compreender a similaridade geográfica e ambiental de espécies de felinos detectada pelos cientistas profissionais e cientistas cidadãos, e ainda, avaliar se o nível de similaridade pode ser explicado pelo habitat, tamanho corpóreo ou nível de ameaça das espécies. Portanto, especificamente, pretende-se: i) Quantificar a sobreposição de nicho ambiental e espacial de espécies da família Felidae, medida pelos cientistas profissionais e cidadãos; ii) Relacionar o tamanho da sobreposição de nicho com tamanho corpóreo, tipo de habitat (ambientes abertos ou fechados) e nível de ameaça da espécie. As hipóteses para esse trabalho são que a similaridade entre cientista cidadão e cientistas profissionais seja maior em espécies com maior tamanho corpóreo, ocorram em áreas abertas, e não sejam ameaçadas. Essas hipóteses baseiam-se na expectativa que a percepção do cientista amador sobre as espécies de felinos seja influenciada pelo acesso que as pessoas teriam as espécies, portanto, influenciadas pelo tamanho das espécies, habitat e nível de ameaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento desse trabalho envolveu duas etapas metodológicas gerais: i) Construção de envelopes climáticos e espaciais estimados com base em pontos de ocorrência das espécies coletados por pesquisadores e cientistas cidadãos, e consequente determinação do percentual de sobreposição desses envelopes. A sobreposição é, portanto, uma medida de similaridade entre os nichos ambientais e espaciais detectados pelo cientista e pelo cidadão; ii) Análise da relação tamanho, tipo de habitat e nível de ameaça das espécies com percentual de sobreposição do nicho ambiental e espacial. A seguir estão detalhadas as etapas para o desenvolvimento desse trabalho:

Dados das espécies

O grupo usado para desenvolvimento desse trabalho foram 38 espécies terrestres da família Felidae com distribuição global. A seleção desse grupo deve-se ao fato de ser um grupo amplamente distribuído, com variabilidade de tamanho, espécies ameaçadas, além de possuir inúmeras espécies carismáticas e que podem despertar maior interesse por parte do cientista cidadão (p.ex. onça pintada). Os dados de ocorrência, tamanho do corpo e nível de ameaça são amplamente conhecidos e com disponibilidade na literatura científica (Diniz-Filho et al., 2009).

As coordenadas geográficas de cada espécie foram determinadas usando bancos de dados da plataforma GBIF (<https://www.gbif.org>) que possui informações de pesquisadores e cientistas cidadãos, como os dados disponibilizados pelo conjunto de dados Inaturalist (www.inaturalist.org) e Observation (www.observation.org) que são abastecidos com dados fornecidos por cientistas cidadãos e estão disponíveis na plataforma GBIF (Hochmair et al., 2020)

Foram obtidos ainda, dados de tamanho corpóreo médio das 38 espécies, disponíveis na literatura (Johnson et al. 2006), bem como informações de habitat e filogenia (Werdelin et al., 2010) e nível de ameaça, disponível na plataforma da IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza (<https://www.iucnredlist.org/>).

Envelope climático e espacial

As coordenadas geográficas das espécies obtidas pelos cientistas e cidadãos, passaram por uma limpeza utilizando o pacote BDC no software R (RIBEIRO et al., 2022). A limpeza consistiu em identificar registros não confiáveis (registros fosseis p. ex.), coordenadas transpostas, ou que estejam em locais improváveis de ocorrência como em grandes centros urbanos, no mar, ou ainda registros em zoológicos ou centros de pesquisa. Outra etapa da limpeza dos dados foi a identificação de sinônimas para evitar que registros de uma mesma espécie fossem considerados como de espécies diferentes, para isso, também foi feita uma padronização na nomenclatura das espécies.

Em seguida foi feita a classificação dos registros, identificando as fontes de coleta dos registros (pesquisadores e cidadãos cientistas), utilizando a ferramenta de filtro do software EXCEL para identificar as informações “collection code” e “institution code” presentes na base de dados. Com essas informações é possível identificar quais conjuntos de dados forneceram os registros à plataforma GBIF, e se são registros fornecidos por cientistas ou cidadãos cientistas.

As coordenadas geográficas, já classificadas, foram sobrepostas a layers ambientais. Os dados bioclimáticos foram obtidos no banco de dados do Wordclim (Hijmans et al., 2005) com uma resolução espacial de 2.5 arc minutos. Foram utilizadas as 19 variáveis bioclimáticas disponíveis. Foram removidas duplicidades, ou seja, coordenadas que ocorreram na mesma célula da grid.

Para cada espécie as variáveis climáticas foram sintetizadas em uma análise coordenadas principais (PCoA), usando distância Euclidiana e posteriormente determinado o envelope climático no espaço multivariado estimado pelo cientista e pelo cidadão cientista. O envelope corresponde ao polígono convexo do espaço multivariado (Tiago, Pereira & Capinha, 2017). As coordenadas geográficas (latitude e longitude) também foram sintetizadas em uma PCoA com distância euclidiana, e obtido um espaço multivariado geográfico. Portanto, os envelopes (cidadão e cientista) obtidos por meio de dados climáticos foram chamados de envelopes climáticos, e os envelope obtidos por meio das coordenadas geográficas foram chamados de envelopes espaciais. Nesse trabalho consideramos que o envelope determinado pelo cientista atua com uma linha de base, ou seja, estimativas do cidadão cientista maiores do que as estimadas pelo pesquisador foram desconsideradas (e.g. Tiago, Pereira & Capinha, 2017).

Para cada espécie foi determinado o quanto da área do envelope climático e espacial determinado pelo pesquisador (linha de base) foi sobreposta pelo envelope estimado pelo

cidadão. A variação nesse percentual foi relacionada com o tamanho corpóreo, tipo de habitat e nível de ameaça (ver abaixo).

Análise de dados

Os dados foram analisados utilizando diferentes pacotes do software R. O centroide dos envelopes climáticos e espaciais obtidos pelos cientistas cidadãos foram comparados aos obtidos pelos pesquisadores usando uma PERMANOVA (ver (Anderson, 2014)). Para isso, a partir dos dados climáticos e espaciais de ambas amostras (cidadãos e cientistas) foi gerada uma matriz de distância euclidiana. Valores significativos da PERMANOVA ($p < 0.05$), indicam que o centroide climático (ou espacial) é estatisticamente distinto entre os grupos (cidadãos e cientistas). O teste de significância consistiu em modelo monte carlo com 1000 aleatorizações.

Para avaliar a influência das variáveis sobre o percentual de sobreposição dos envelopes foi feita uma regressão de mínimos quadrados comum - OLS. A não independência filogenética pode afetar os pressupostos do teste, portanto, os resíduos foram avaliados a fim de verificar a existência de estrutura filogenética. A análise dos resíduos consistiu em investigar a estrutura filogenética do resíduo da regressão, usando o correlograma de I de Moran. Os dados filogenéticos foram obtidos na literatura científica (Werdelin et al. 2010). Demais pressupostos como normalidade dos resíduos foram testados.

Todas as etapas do trabalho podem ser resumidas no esquema abaixo.

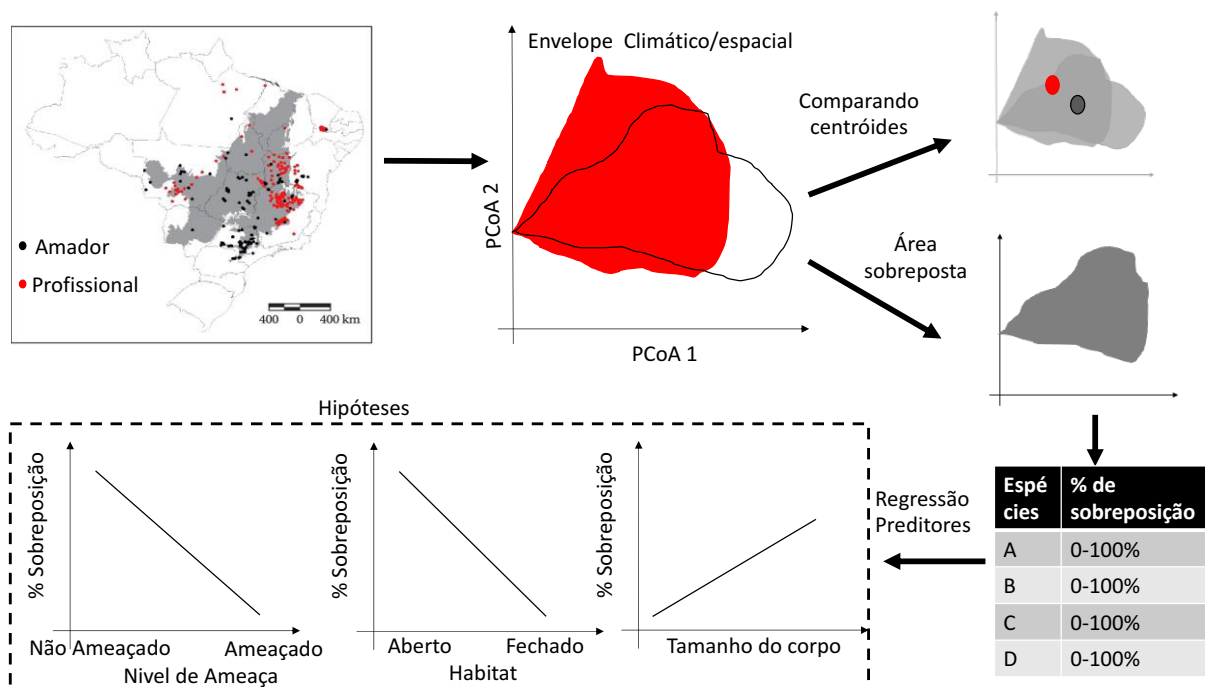


Figura 1. (1) Obtenção de envelopes climáticos e espaciais; (2) Comparação entre os centroides dos envelopes pela PERMANOVA; (3) Determinação do percentual de sobreposição; (4) Análise de regressão entre o percentual de sobreposição e tamanho corporal da espécie. Em seguida estão apresentadas as hipóteses que avaliam o efeito do tamanho do corpo, tipo de habitat e nível de ameaça no percentual de sobreposição do nicho detectado pelo cientista cidadão e o cientista.

RESULTADOS

Foram obtidos envelopes climáticos e espaciais para 27 espécies das 38 coletadas. Para 11 espécies não foi possível obter envelopes climáticos ou espaciais pois não tinham pontos de ocorrência suficientes para o teste nos bancos de dados coletados. Para o envelope climático observou-se que 23 espécies apresentaram mais de 50% de sobreposição do envelope climático, ou seja, mais de 50% da área de cobertura do envelope climático gerado por cientistas é conhecida também por cidadãos (tabela 1). Dessas 23 espécies, oito apresentaram um percentual de sobreposição superior a 90%. Apenas quatro espécies tiveram um percentual inferior a 50%, sendo elas: *Leopardus tigrinus* (41%), *Pardofelis marmorata* (36%) e *Lynx pardinus* (33%) e *Leopardus colocolo* (33%).

Apesar da sobreposição climática, para 22 espécies o centroide climático obtido pelo cientista cidadão foi significativamente distinto do centroide climático obtido pelo cientista (ver PERMANOVA $P < 0.05$). Em outras palavras, as médias climáticas registradas pelos dois grupos (cidadão e cientista) foram distintas, podendo indicar que há vieses amostrais para cada um dos grupos.

Para cinco espécies não foi observado valores significativos para o teste (PERMANOVA $P > 0.05$), são elas: *Prionailurus viverrinus* ($P = 0.774$) e *Neofelis nebulosa* ($P = 0.605$), *Pardofelis marmorata* ($P = 0.461$) e *Pardofelis temmincki* ($P = 0.064$) e *Lynx pardinus* ($P = 0.063$). Esse resultado indica que as médias climáticas registradas pelos dois grupos (cidadão e cientista) são semelhantes.

Tabela 1. Resultado da PERMANOVA para dados climáticos:

<i>Sp</i>	% de sobreposição	R^2	<i>f</i>	<i>P</i>
<i>Lynx rufus</i>	100	0.031	301.48	0.001
<i>Panthera tigris</i>	100	0.202	179.22	0.001
<i>Pardofelis temmincki</i>	99.5	0.212	2.97	0.064



<i>Panthera pardus</i>	99	0.202	675.57	0.001
<i>Caracal serval</i>	98.8	0.016	6.07	0.005
<i>Prionailurus bengalensis</i>	98.7	0.08	12.77	0.001
<i>Panthera leo</i>	98.4	0.007	34.22	0.001
<i>Acinonyx jubatus</i>	95.4	0.249	1834.18	0.001
<i>Felis margarita</i>	84.7	0.323	19.1	0.001
<i>Caracal caracal</i>	84.5	0.229	223.6	0.001
<i>Neofelis diardi</i>	81.8	0.177	148.23	0.001
<i>Lynx canadensis</i>	78.8	0.011	4.62	0.016
<i>Leopardus pardalis</i>	75.1	0.123	328.83	0.001
<i>Felis silvestris</i>	73.1	0.031	301.48	0.001
<i>Lynx lynx</i>	73.1	0.031	301.48	0.001
<i>Uncia uncia</i>	70.8	0.119	7.73	0.007
<i>Otocolobus manul</i>	70.3	0.016	8.46	0.003
<i>Prionailurus viverrinus</i>	64.6	0.017	0.32	0.774
<i>Panthera onca</i>	64.1	0.067	127.12	0.001
<i>Puma concolor</i>	62.3	0.16	996.68	0.001
<i>Leopardus wiedii</i>	58.8	0.046	29.82	0.001
<i>Neofelis nebulosa</i>	54.1	0.034	0.35	0.605
<i>Puma yagouaroundi</i>	50.5	0.142	57.69	0.001
<i>Leopardus tigrinus</i>	41	0.034	9.92	0.004
<i>Pardofelis marmorata</i>	36.9	0.072	0.7	0.461
<i>Lynx pardinus</i>	33.8	0.008	3.22	0.063
<i>Leopardus colocolo</i>	33.1	0.031	3.02	0.041

Em relação aos envelopes espaciais, foi observado que 19 espécies apresentaram percentual de sobreposição superior a 50%, sendo que 11 delas apresentaram percentual superior a 90%. Um percentual inferior a 50% foi observado em 8 espécies, ver tabela 2. Vinte espécies apresentaram valor de P significativo para o teste PERMANOVA, esse resultado mostra que para estas espécies existe uma diferença entre os centroides dos envelopes de pesquisadores e cidadãos. Para seis espécies não foi observado valores significativos para o teste (permanova $P > 0.05$), são elas: *Otocolobus manul* ($P=0.119$), *Prionailurus viverrinus* ($P=0.426$), *Leopardus colocolo* ($P=0.4$), *Pardofelis marmorata* ($P=0.108$), *Uncia uncia* ($P=0.32$) e *Neofelis nebulosa* ($P=0.115$). Esse resultado indica que para estas espécies as médias espaciais registradas pelos dois grupos (cidadão e pesquisador) são semelhantes.

Tabela 2. Resultado da PERMANOVA para dados espaciais:

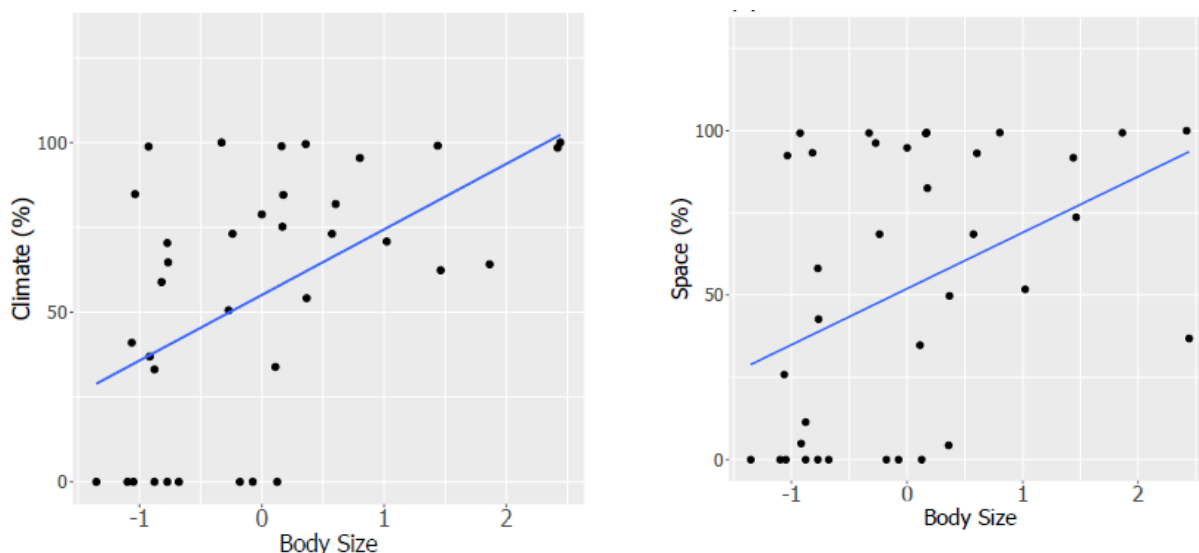
<i>Sp</i>	% de sobreposição	R^2	<i>f</i>	<i>P</i>
<i>Panthera leo</i>	99.9	0.027	127.43	0.001
<i>Leopardus pardalis</i>	99.4	0.29	952.14	0.001
<i>Acinonyx jubatus</i>	99.3	0.295	2325.22	0.001
<i>Panthera onca</i>	99.3	0.042	76.83	0.001
<i>Prionailurus bengalensis</i>	99.2	0.184	33.06	0.001
<i>Lynx rufus</i>	99.2	0.018	169.98	0.001
<i>Caracal serval</i>	99.1	0.072	28.45	0.001
<i>Puma yagouaroundi</i>	96.2	0.045	16.68	0.001
<i>Lynx canadensis</i>	94.7	0.148	69.77	0.001
<i>Leopardus wiedii</i>	93.2	0.078	52.04	0.001
<i>Neofelis diardi</i>	93.1	0.555	854.84	0.001
<i>Felis margarita</i>	92.4	0.391	25.68	0.001
<i>Panthera pardus</i>	91.7	0.35	1436.69	0.001
<i>Caracal caracal</i>	82.5	0.667	1510.57	0.001
<i>Puma concolor</i>	73.6	0.573	7042.72	0.001
<i>Felis silvestris</i>	68.5	0.018	169.98	0.001
<i>Lynx lynx</i>	68.5	0.018	169.98	0.001
<i>Otocolobus manul</i>	58.1	0.004	2.26	0.119
<i>Uncia uncia</i>	51.7	0.018	1.08	0.32
<i>Neofelis nebulosa</i>	49.7	0.215	2.73	0.115
<i>Prionailurus viverrinus</i>	42.7	0.039	0.73	0.426
<i>Panthera tigris</i>	36.8	0.166	141.08	0.001
<i>Lynx pardinus</i>	34.7	0.023	9.24	0.001
<i>Leopardus tigrinus</i>	25.8	0.04	11.67	0.001
<i>Leopardus colocolo</i>	11.3	0.009	0.9	0.4
<i>Pardofelis marmorata</i>	4.8	0.235	2.77	0.108
<i>Pardofelis temmincki</i>	4.3	0.701	25.83	0.009

A regressão linear mostrou que as variáveis preditoras (habitat, nível de ameaça e tamanho do corpo) foram significativas para explicar o percentual de sobreposição entre os envelopes de ciência cidadã e de pesquisadores tanto para a variável resposta clima, quanto para a variável espaço com valor de $P < 0,05$ para ambas variáveis.

Considerando a sobreposição climática, 33% do percentual de sobreposição dos envelopes é explicado pelas variáveis predictoras ($R^2 = 0.3386$), enquanto que para envelopes espaciais, 35% do percentual de sobreposição é explicado pelas variáveis analisadas.

A regressão linear mostrou também que a relação é positiva entre o percentual de sobreposição e o tamanho corpóreo das espécies tanto para envelopes climáticos (Estimate std. = 22.281) quanto espaciais (Estimate std. = 21.284), ou seja, quanto maior o tamanho da espécie, maior o percentual de sobreposição entre os envelopes de cientistas e cidadãos cientistas. Esse resultado nos leva a inferir que quanto maior for o tamanho corpóreo da espécie, maior o conhecimento de suas tolerâncias climáticas e distribuição espacial por parte do cidadão cientista (Tabela 2 e figura 2).

Figura 2. Regressão Linear entre o percentual de sobreposição e tamanho do corpo.



Plot da regressão linear mostrando a relação positiva entre o percentual de sobreposição dos envelopes de cientistas e cidadãos cientistas e o tamanho do corpo das espécies, para envelopes climáticos (à esquerda) e espaciais (à direita).

Pra o nível de ameaça (Red List), a relação se mostrou negativa para envelopes climáticos (Estimate std. = -28.871) e espaciais (Estimate std. = -43.948), ou seja, a sobreposição dos envelopes é maior para espécies não ameaçadas. Outra variável avaliada foi o tipo de habitat (aberto ou fechado). Para essa variável a relação também se mostrou negativa com maior sobreposição em habitats fechados, contudo, o teste mostrou que essa variável não é significativa para explicar a sobreposição entre os envelopes climáticos (P value = 0.463) e

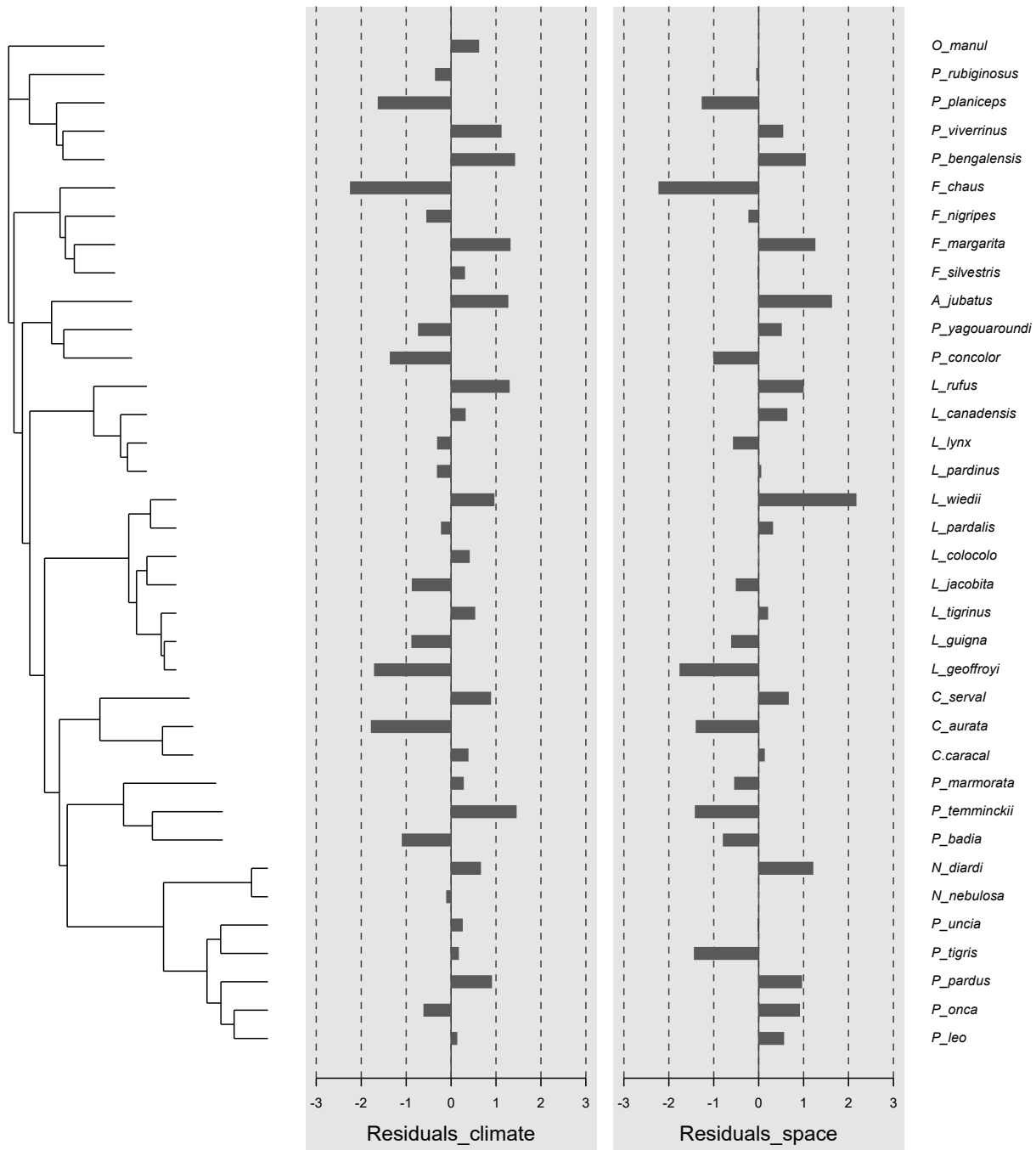
espaciais (P value = 0.380), sendo assim, inferimos que o tipo de habitat não interfere no percentual de sobreposição dos envelopes e que o cidadão tem coletado informações de espécies tanto de habitats abertos quanto fechados (tabela 3).

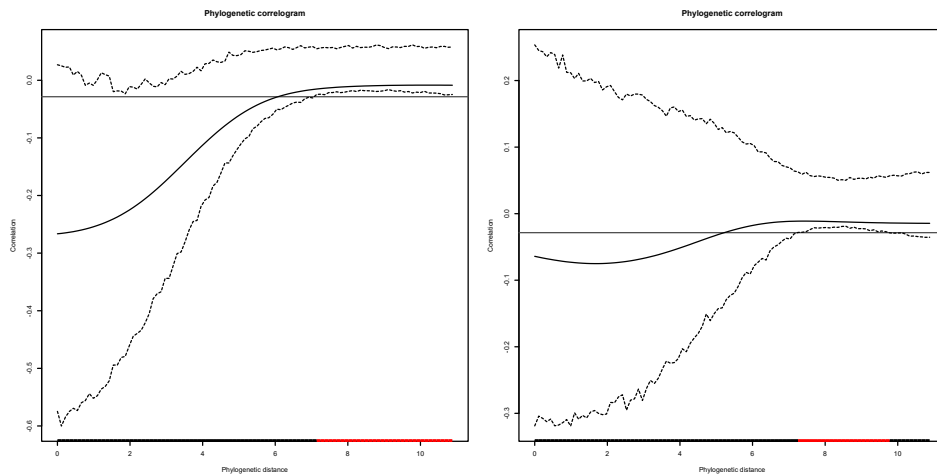
Tabela 3. Resultados obtidos pela Regressão Linear

CLIMA				
	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
(Intercept)	77.945	12.407	6.282	4.8e-07 ***
Tamanho Corpóreo	22.281	5.507	4.046	0.000308 ***
Red List	-28.871	11.121	-2.596	0.014120 *
Habitat	-8.564	11.538	-0.742	0.463375
ESPAÇO				
	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
(Intercept)	85.671	13.527	6.333	4.15e-07 ***
Tamanho Corpóreo	21.284	6.004	3.545	0.001233 **
Red List	-43.948	12.125	-3.625	0.000992 ***
Habitat	-11.186	12.58	-0.889	0.38053

Ao inserir as variáveis analisadas (resposta e preditoras) em na filogenia de felinos é possível observar que as variáveis respostas (i.e. percentual de sobreposição), não demonstram estar estruturas na filogenia. De fato, o correlograma de I de moran demonstrou que não houve dependência filogenética, após a análise do resíduo da regressão (figura 3).

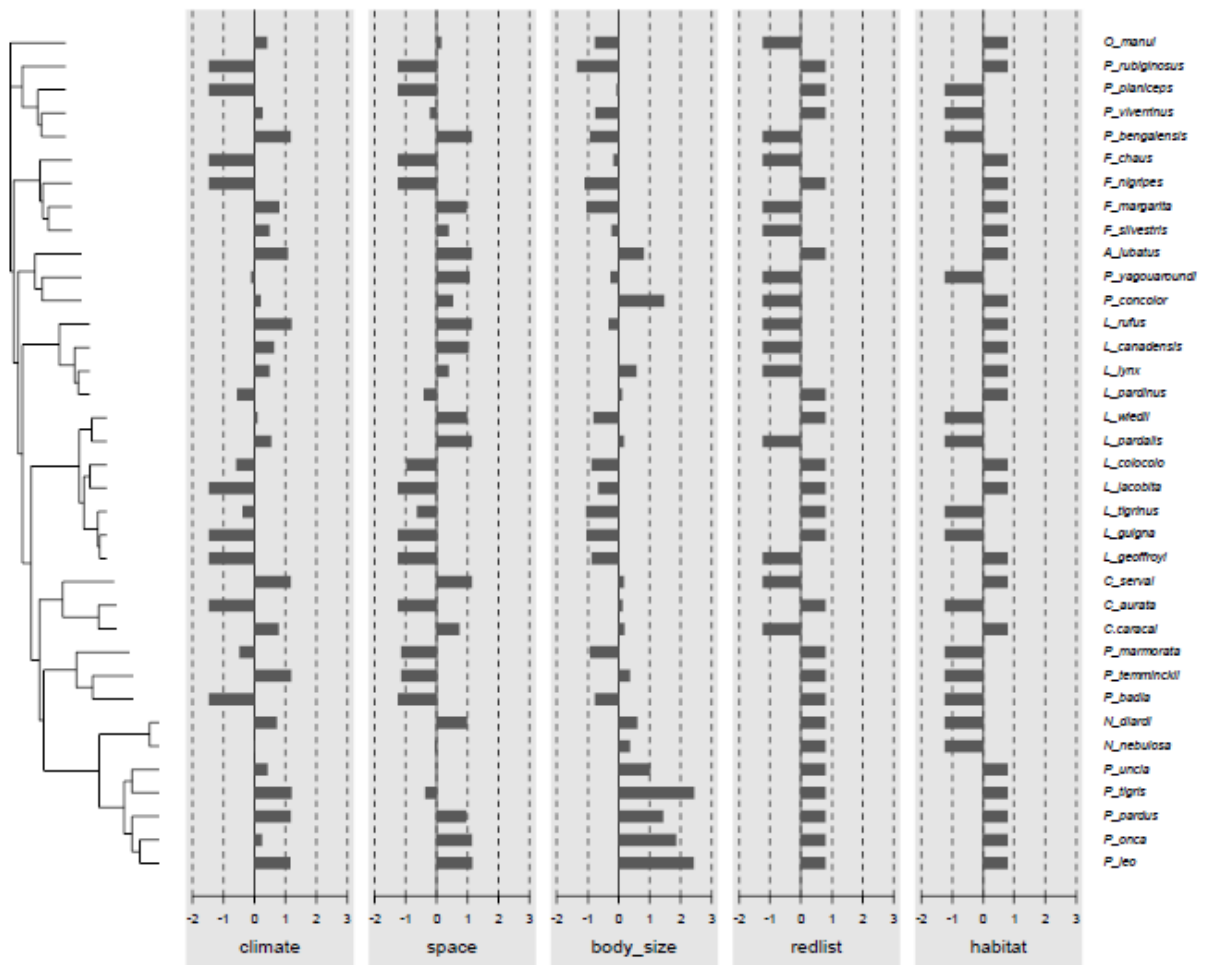
Figura 3. Valores do resíduo da regressão plotados na filogenia e no correlograma de I de Moran, demonstrando que não houve dependência filogenética.





Ainda com relação a filogenia, é possível observar que alguns atributos medidos apresentam estrutura filogenética, por exemplo, espécies filogeneticamente próximas tendem a apresentar tamanho do corpo e tipo de habitat semelhantes (figura 4).

Figura 4. Filogenia das espécies associada à Regressão Linear.



DISCUSSÃO

Neste trabalho encontramos que o nicho ambiental e espacial descrito pelos cientistas cidadãos e pelo profissional apresentam similaridades e que atributos das espécies como tamanho do corpo e nível de ameaça explicam a variação da similaridade usando como exemplo as espécies de felinos encontradas no mundo. Dessa forma, as hipóteses do presente trabalho foram parcialmente corroboradas, e somente o tipo de habitat não foi possível de explicar a variação da similaridade climática e espacial entre o cientista cidadão e pesquisador.

Nossos resultados mostram que os envelopes climáticos e espaciais obtidos com base em registros de ciência cidadã comparados aos envelopes de cientistas apresentam variações, de modo que para algumas espécies o percentual de sobreposição espacial encontrado foi de aproximadamente 5% enquanto que para outras aproximadamente 100%.

Ao observar a sobreposição de envelopes climáticos, também se nota que existe variação, com espécies apresentando aproximadamente 30% e outras chegando a 100% de sobreposição entre envelopes de cientistas cidadãos e pesquisadores. As médias climáticas e espaciais observadas a partir dos centroides dos envelopes, se mostraram distintas para a maioria das espécies tanto entre os envelopes climáticos quanto espaciais, confirmando que existe variação entre os registros de pesquisadores e cidadãos cientistas.

De acordo com nossos resultados podemos afirmar que existe uma relação entre o tamanho corpóreo da espécie e o percentual de sobreposição tanto climático quanto espacial, de modo que existe uma preferência de espécies maiores por parte do cientista cidadão, pois quanto maior a espécie maior o percentual de sobreposição observado. Esse resultado corrobora nossas expectativas iniciais que previram a existência desse viés.

Em relação ao nível de ameaça, foi observada uma preferência por parte do cientista cidadão por espécies não ameaçadas de extinção visto que quanto menor a ameaça, maior o percentual de sobreposição. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que as espécies não ameaçadas são também aquelas mais abundantes e menos restritas que espécies ameaçadas (Boakes et al. 2010). Para o tipo habitat, contrariando nossas expectativas iniciais, observamos que o fato de o habitat ser aberto ou fechado não gera nenhum tipo de influência na percepção que o cientista cidadão tem da espécie, ou seja, não existe uma preferência do cientista cidadão por espécies de habitats abertos ou fechados. Apesar disso alguns trabalhos mostram a influência da proximidade de estradas, centros urbanos e demais áreas habitadas na amostragem da ciência cidadã (Dickinson, Zuckerberg & Bonder 2010; Petrovan; Vale; Sillero, 2020) o que

nos leva a inferir que de fato a facilidade de acesso pode ser uma variável que explique a variação na similaridade entre as amostragens dos dois grupos (cientista e cidadãos), ainda que habitats abertos ou fechados não seja a única métrica que contemple a variável “facilidade de acesso”.

O uso de tecnologias, como smartphones por exemplo, é uma forma de garantir que registros feitos por cidadãos cientistas apresentem informações seguras e confiáveis por fornecer registros precisos de localização (GPS), data, hora entre outras (Stevenson; Merrill; Burn, 2021). Somado a isso, as plataformas de ciência cidadã, como o iNaturalist possuem estratégias de reduzir erros de identificação taxonômica contando com a curadoria realizada por especialistas que validam os registros fornecidos por cientistas cidadãos.

Apesar das estratégias que reduzem erros amostrais, os vieses são um fator que coloca em dúvida a confiabilidade dos resultados de uma pesquisa científica, buscar conhecer os vieses que podem ser comuns em uma pesquisa envolvendo a ciência cidadã é de extrema importância haja vista que a colaboração de cidadãos cientistas na ciência têm se popularizado nos últimos anos. Diversos trabalhos buscam compreender até que ponto a ciência cidadã pode ser uma ferramenta eficaz para a ciência e como evitar que a falta de experiência dos cidadãos cientistas gere vieses e comprometa a qualidade dos dados da pesquisa (Dickinson, Zuckerberg & Bonder 2010; Tiago, Pereira & Capinha, 2017), como por exemplo, um estudo que identificou um viés de fim de semana em dados de ciência cidadã, onde a chegada de aves migratórias na América do Norte foi mais registrada por cidadãos cientistas aos fins de semana (Courter et al., 2013)

De modo geral as variáveis analisadas foram significativas para explicar a variação no percentual de sobreposição climática e espacial, esse resultado mostra que existem vieses na coleta realizada por cientistas cidadãos, entretanto mesmo uma pesquisa científica realizada exclusivamente por cientistas está sujeita a vieses, e em ambos os casos cabe ao cientista propor estratégias para reduzi-los independentemente de quem seja responsável pelo processo de coleta de dados (Kays et al., 2021; Boakes et al., 2010).

Em um estudo, por exemplo (Pinto; Bini, 2008), foi avaliado os vieses geográficos e taxonômicos em pesquisas científicas que visavam a seleção de reservas e áreas prioritárias de conservação entre os anos de 1992 e 2004, e foi observado que nesse período houve um menor número de pesquisas de conservação realizadas em países de baixa renda *per capita* em relação a países mais desenvolvidos. Foi observado também que os vertebrados foram os organismos com maior destaque nas pesquisas de seleção de áreas prioritárias e de biologia da conservação.

Os mesmos vieses foram encontrados em um estudo que avaliou a existência de vieses em pesquisas sobre biodiversidade em paisagens modificadas pelo homem, os resultados

observados foram que a realização de pesquisas em biomas florestais foi desproporcionalmente maior que em outros biomas; grupos taxonômicos como plantas, aves e invertebrados tiveram maior enfoque comparado a outros grupos; e a maioria desses estudos foram realizados na Europa enquanto que regiões como Ásia e África apresentaram poucos estudos sobre o tema (Trimble; Van Aarde, 2012). Estudos como estes mostram que a preocupação com a presença de vieses é uma realidade em qualquer pesquisa científica e que o viés não está relacionado unicamente a falta de experiência do responsável pela amostragem (Kays et al. 2021).

CONCLUSÃO

Em resumo, mostramos com esse trabalho que existe uma variação entre os dados obtidos por plataformas de ciência cidadã em relação a dados científicos e essa variação pode ser explicada, em parte, pelo tamanho do corpo da espécie, sendo a maior variação entre as espécies com menor tamanho do corpo. O nível de ameaça da espécie também exerce influência sobre essa variação sendo as espécies não ameaçadas as que apresentaram menor variação. O tipo de habitat não se mostrou um fator que explique a variação ambiental e geográfica observada entre os grupos.

Apesar dos vieses observados, destacamos que a ciência cidadã têm se mostrado uma ferramenta eficaz em diversas pesquisas científicas por fornecer dados úteis e confiáveis quando estratégias no delineamento da amostragem são adotadas visando a redução de vieses, possíveis erros de identificação taxonômica e registros de informações que muitas vezes estão associados a falta de experiência de cidadãos cientistas (Kays et al. 2021).

REFERÊNCIA

ANDERSON, M. J. Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). Em: **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**. [s.l.] Wiley, 2014. p. 1–15.

BOAKES, E. H. et al. Distorted views of biodiversity: Spatial and temporal bias in species occurrence data. **PLoS Biology**, v. 8, n. 6, jun. 2010.

BONNEY, R. et al. **Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy**. **BioScience**, dez. 2009.

CALLAGHAN, C. T. et al. Citizen science data accurately predicts expert-derived species richness at a continental scale when sampling thresholds are met. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 4, p. 1323–1337, 1 mar. 2020.

CHIARELLO, A. G. et al. **Mamíferos Ameaçados de Extinção no Brasil**. [s.l: s.n.].

COOPER, C. B. et al. **Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art11/>>.

COSTA, T. R. N.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; TOLEDO, L. F. **Lingnau e BastosGiacoma e col.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.cs.princeton.edu>.

COURTER, J. R. et al. Weekend bias in Citizen Science data reporting: Implications for phenology studies. **International Journal of Biometeorology**, v. 57, n. 5, p. 715–720, set. 2013.

DAGORNE, D.; KANTÉ, A.; ROSE, J. B. A citizen science approach to monitoring of the Lion Panthera leo (Carnivora: Felidae) population in Niokolo-Koba National Park, Senegal. **Journal of Threatened Taxa**, v. 12, n. 1, p. 15091–15105, 26 jan. 2020.

DICKINSON, J. L.; ZUCKERBERG, B.; BONTER, D. N. Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, p. 149–172, 2010.

DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Climate history, human impacts and global body size of Carnivora (Mammalia: Eutheria) at multiple evolutionary scales. **Journal of Biogeography**, v. 36, n. 12, p. 2222–2236, dez. 2009.

HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965–1978, dez. 2005.

HOCHMAIR, H. H. et al. Evaluating the data quality of iNaturalist termite records. **PLoS ONE**, v. 15, n. 5, p. 1–19, 2020.

JOHNSON, B. A. et al. Citizen science and invasive alien species: An analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. **Global Ecology and Conservation**, v. 21, 2020.

KAYS, R. et al. Evaluation of the Spatial Biases and Sample Size of a Statewide Citizen Science Project. **Citizen Science: Theory and Practice**, v. 6, n. 1, 2021.

LEVINSKY, I. et al. Climate envelope models suggest spatio-temporal co-occurrence of refugia of African birds and mammals. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 3, p. 351–363, mar. 2013.

LITTLE, K. E.; HAYASHI, M.; LIANG, S. Community-Based Groundwater Monitoring Network Using a Citizen-Science Approach. **Groundwater**, v. 54, n. 3, p. 317–324, 1 maio 2016.

MAMEDE, S.; BENITES, M.; JOSÉ RODRIGUES ALHO, C. **CIÊNCIA CIDADÃ E SUA CONTRIBUIÇÃO NA PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA RESERVA DA BIOSFERA DO PANTANAL**. [s.l: s.n.].

PETROVAN, S. O.; VALE, C. G.; SILLERO, N. Using citizen science in road surveys for large-scale amphibian monitoring: are biased data representative for species distribution? **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 6, p. 1767–1781, 1 maio 2020.

PINTO, M. P.; BINI, L. M. **Vieses geográficos e taxonômicos nas pesquisas sobre seleção de reservas: uma análise quantitativa de 1992 a 2004**. , 2008.

RIBEIRO, B. R. et al. bdc: A toolkit for standardizing, integrating and cleaning biodiversity data. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 7, p. 1421–1428, 1 jul. 2022.

STEVENSON, R.; MERRILL, C.; BURN, P. Useful Biodiversity Data Were Obtained by Novice Observers Using iNaturalist during College Orientation Retreats. **Citizen Science: Theory and Practice**, v. 6, n. 1, 2021.

THORNTON, T.; LEAHY, J. Trust in Citizen Science Research: A Case Study of the Groundwater Education Through Water Evaluation & Testing Program. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 48, n. 5, p. 1032–1040, 2012.

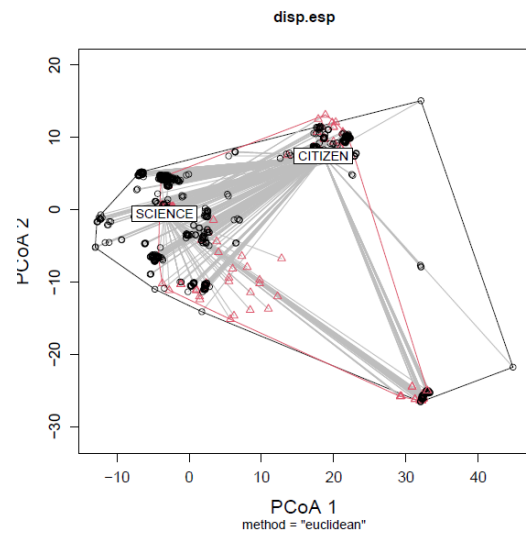
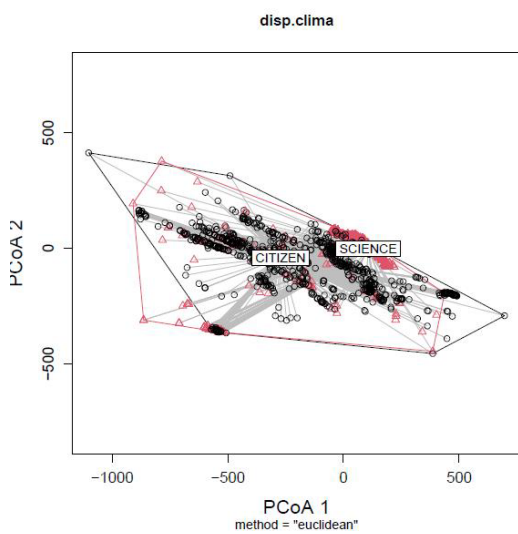
TIAGO, P.; PEREIRA, H. M.; CAPINHA, C. Using citizen science data to estimate climatic niches and species distributions. **Basic and Applied Ecology**, v. 20, p. 75–85, 2017.

TRIMBLE, M. J.; VAN AARDE, R. J. Geographical and taxonomic biases in research on biodiversity in human-modified landscapes. **Ecosphere**, v. 3, n. 12, p. art119, dez. 2012.

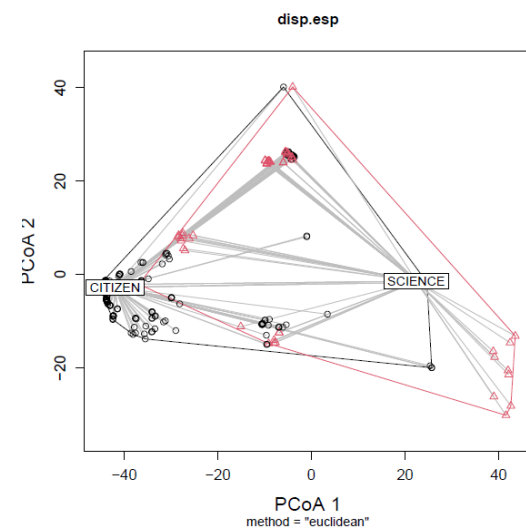
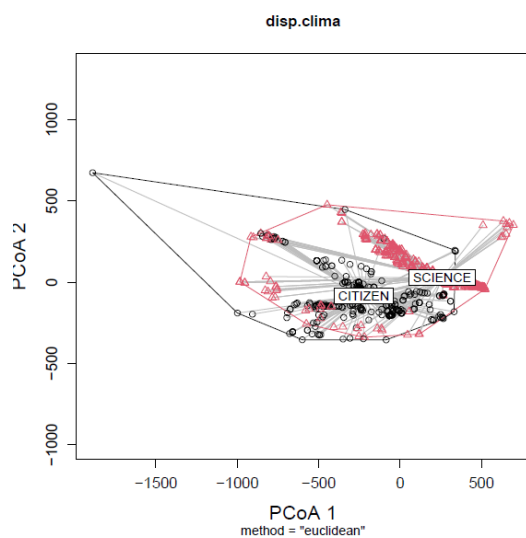
WERDELIN, L. et al. **Phylogeny and evolution of cats (Felidae) Arthropod Biogenomics View project Camelid Evolution and Conservation Genomics View project Phylogeny and evolution of cats (Felidae)**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.paleodb.>.

MATERIAL SUPLEMENTAR

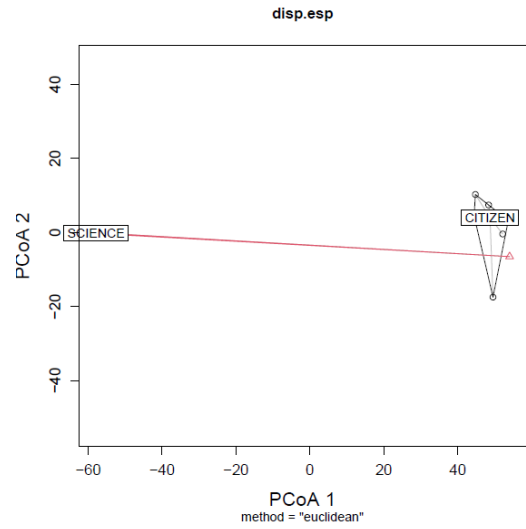
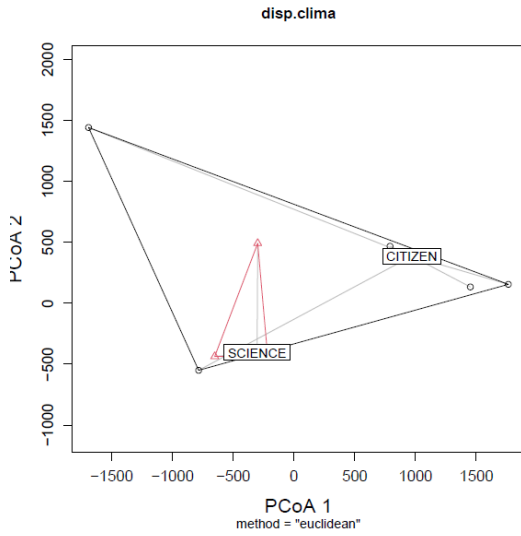
Acinonyx jubatus



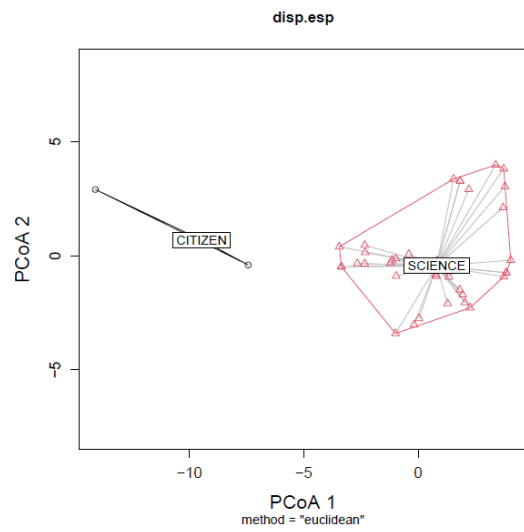
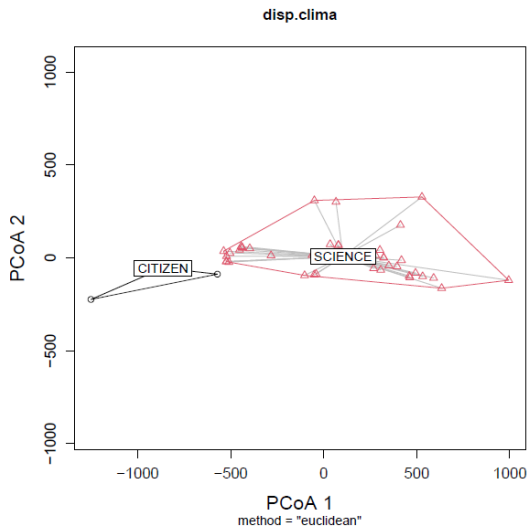
Caracal caracal



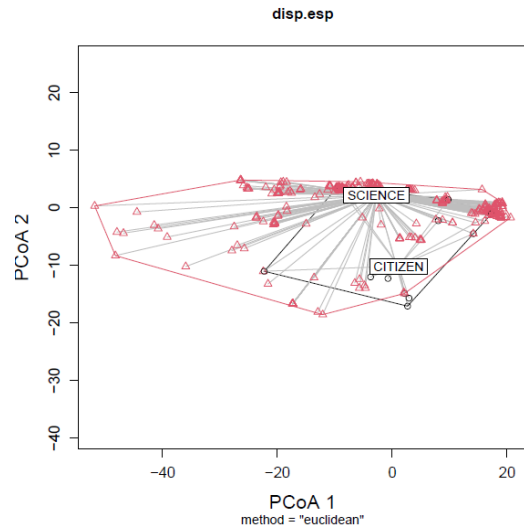
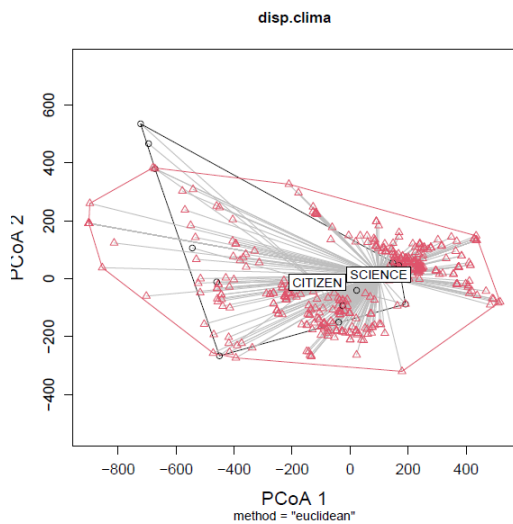
Catopuma temminckii



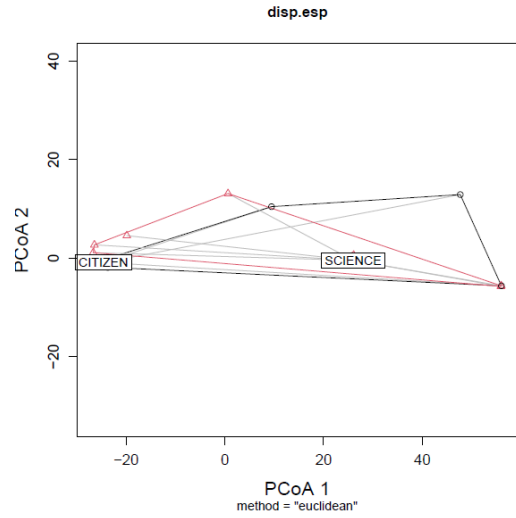
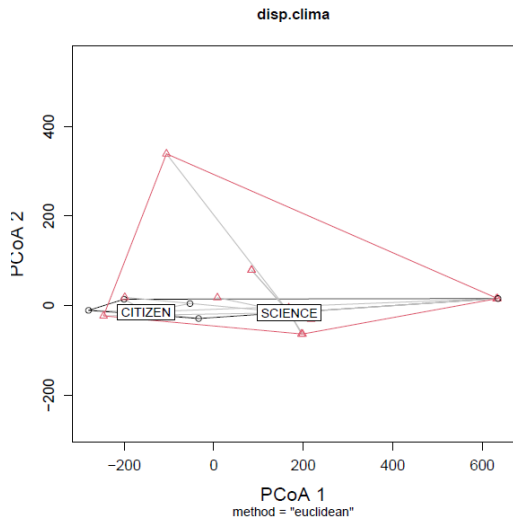
Felis bieti



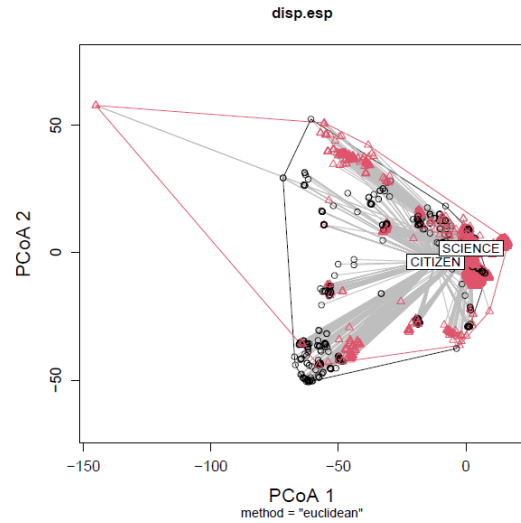
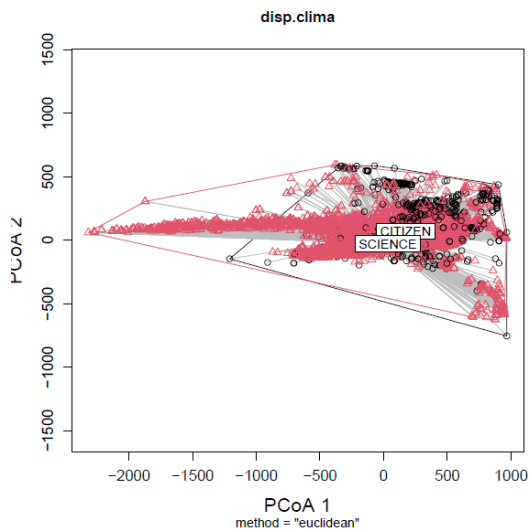
Felis manul



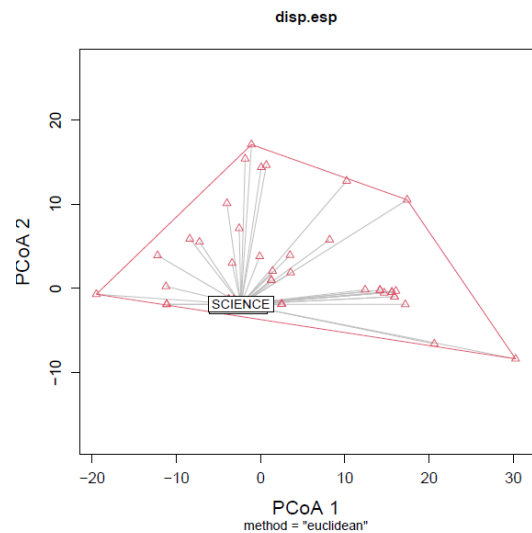
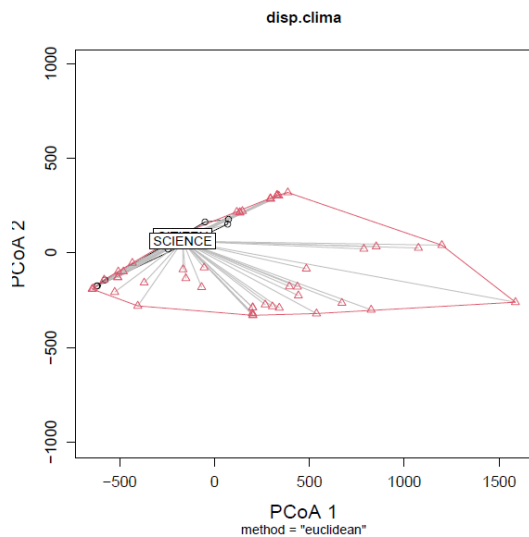
Felis margarita



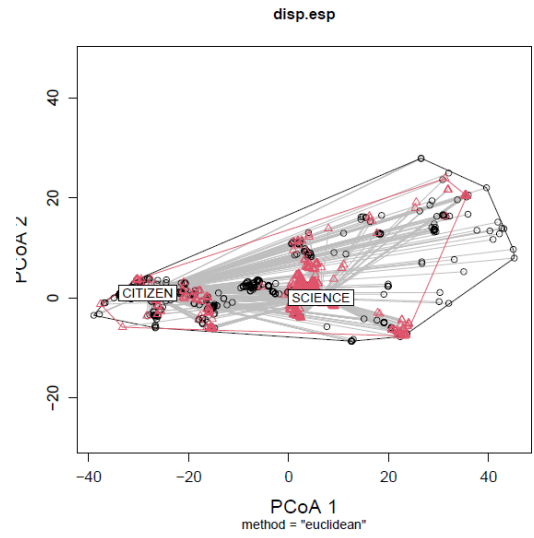
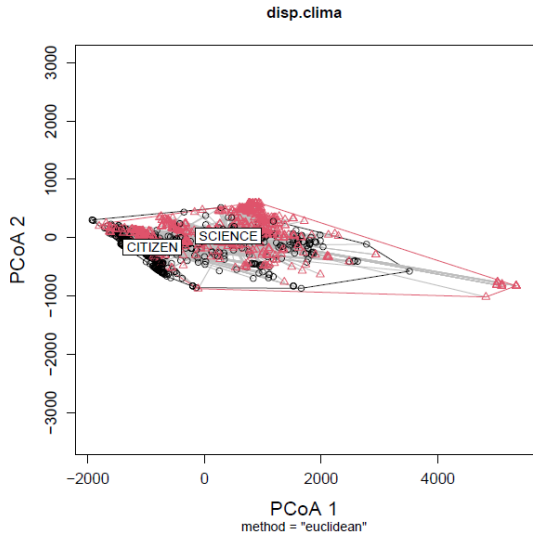
Felis silvestris



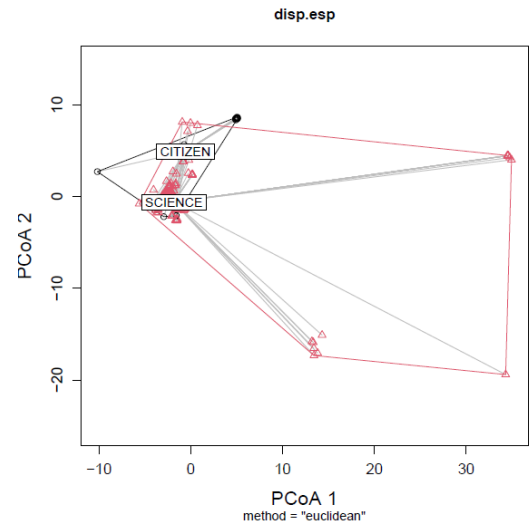
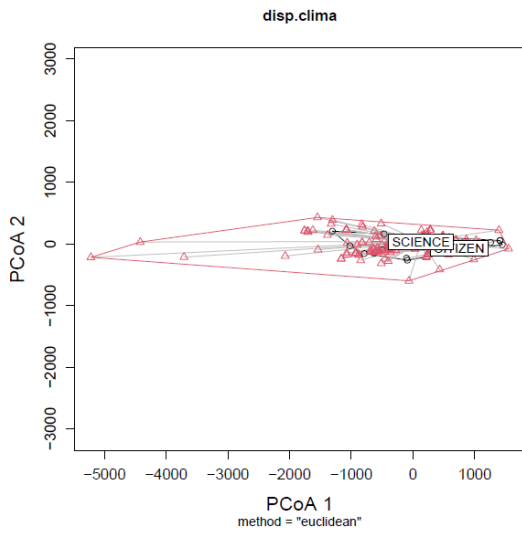
Leopardus colocolo



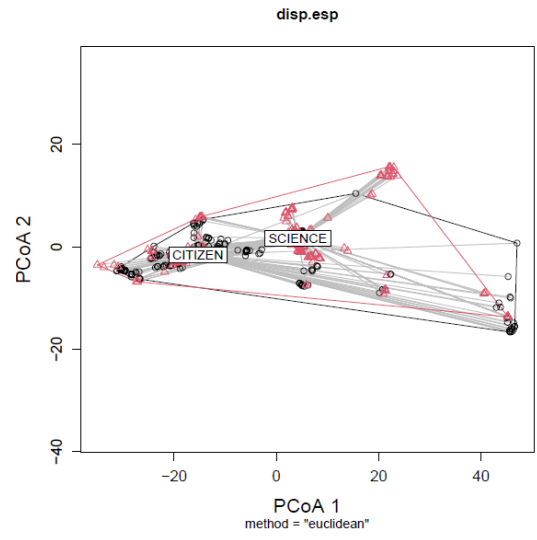
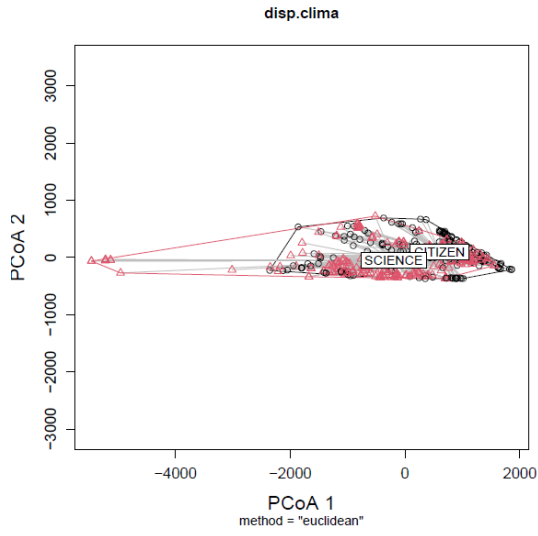
Leopardos pardalis



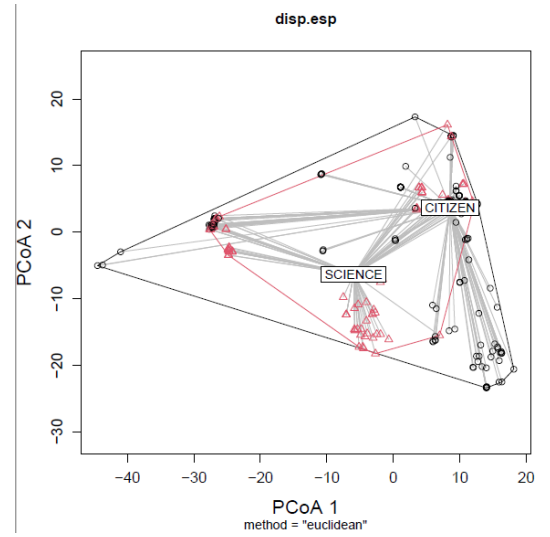
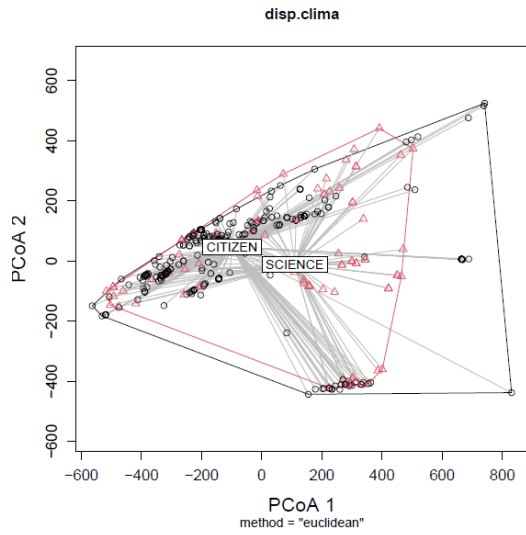
Leopardos tigrinus



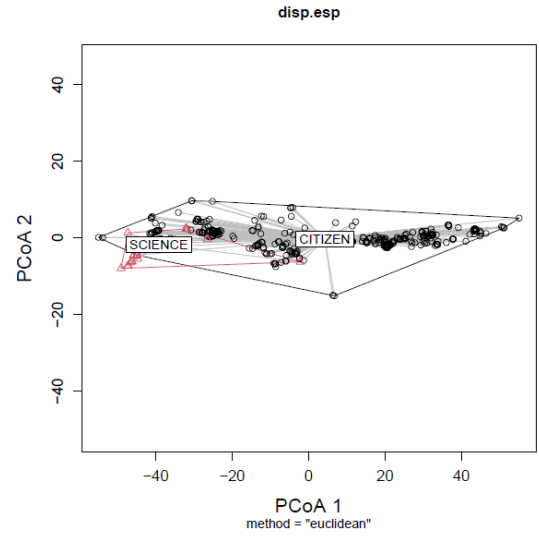
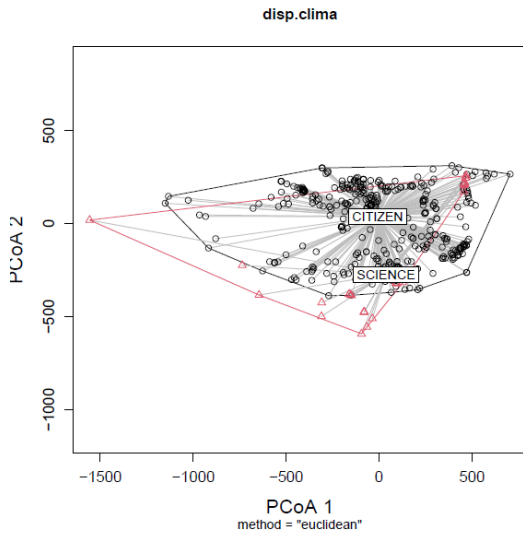
Leopardos wiedii



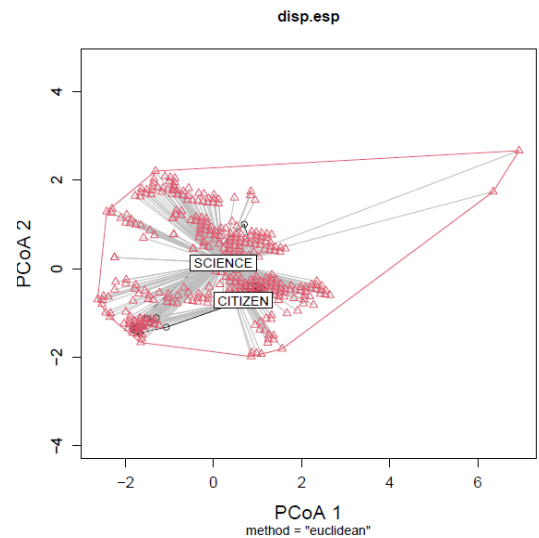
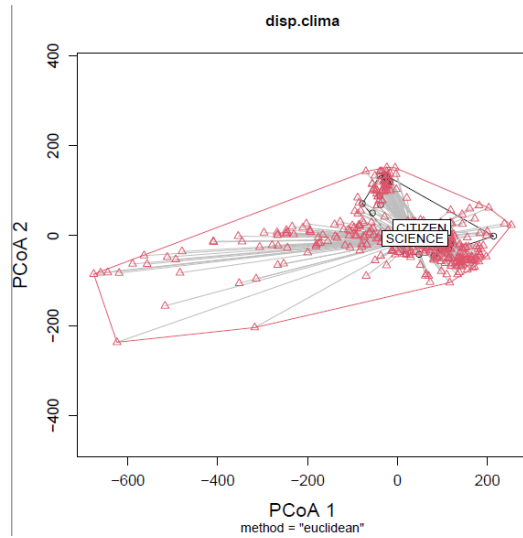
Leptailurus serval



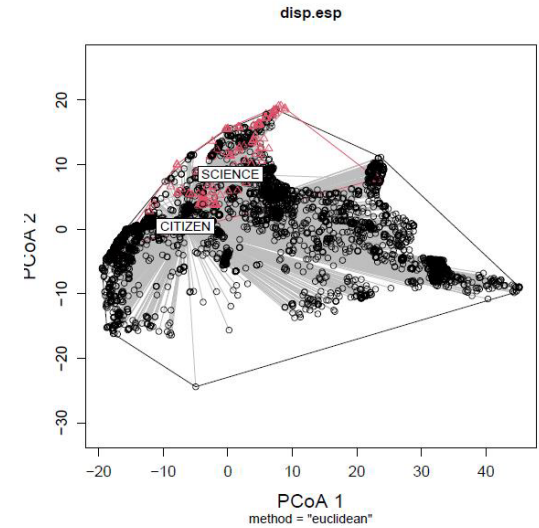
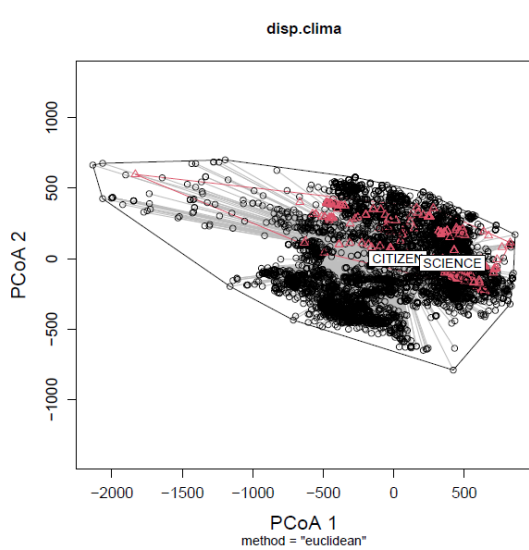
Lynx canadensis



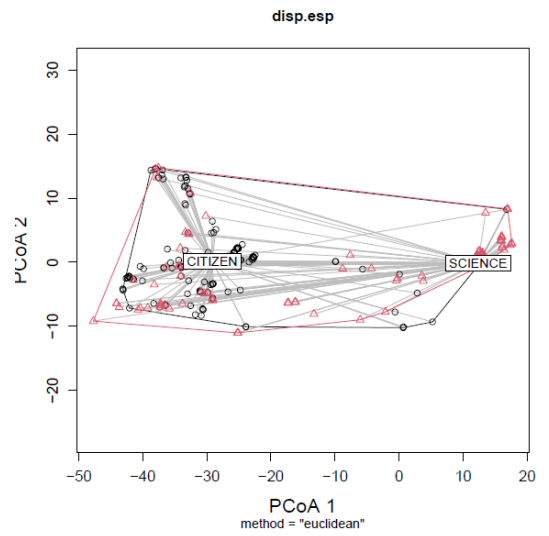
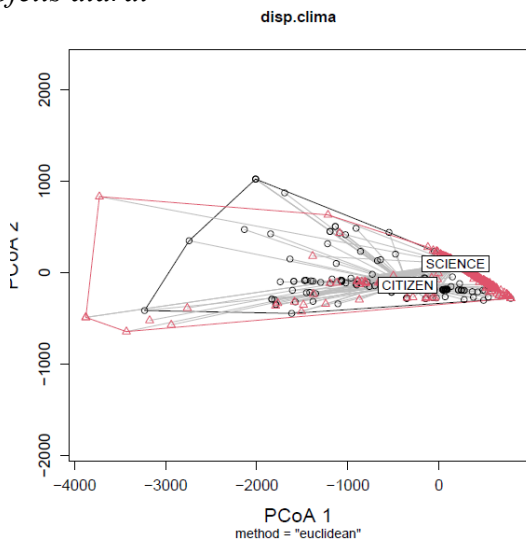
Lynx pardinus



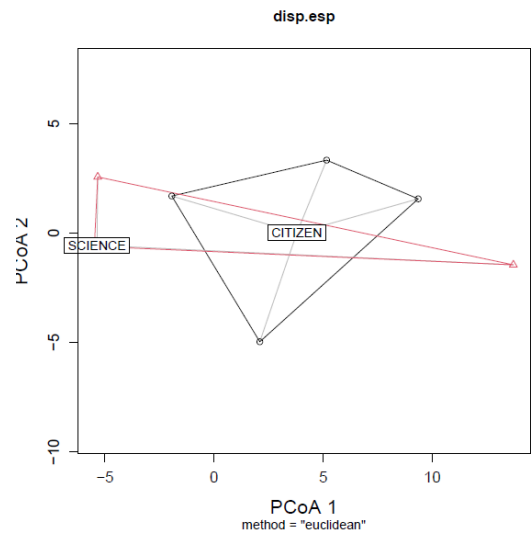
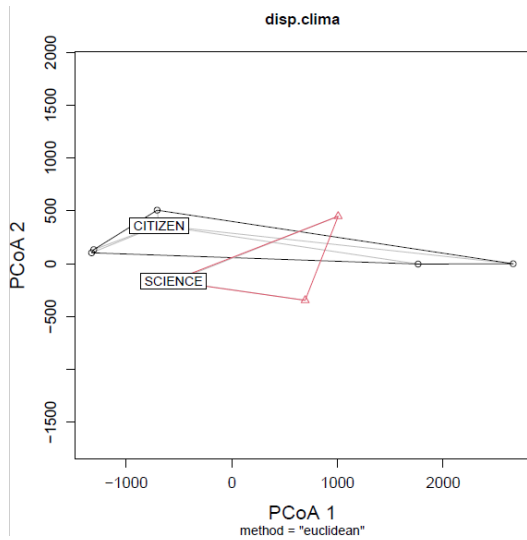
Lynx rufus



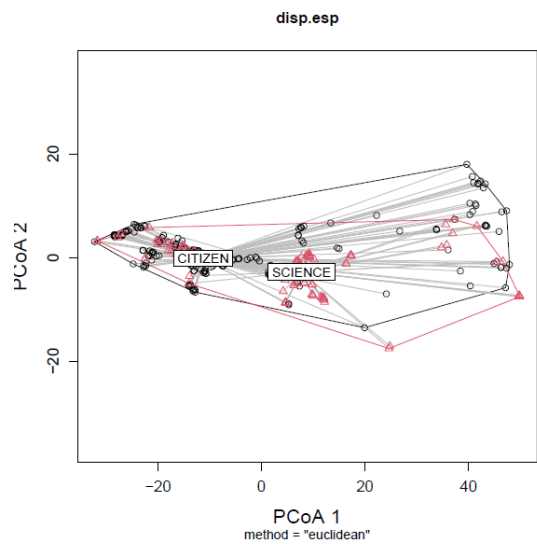
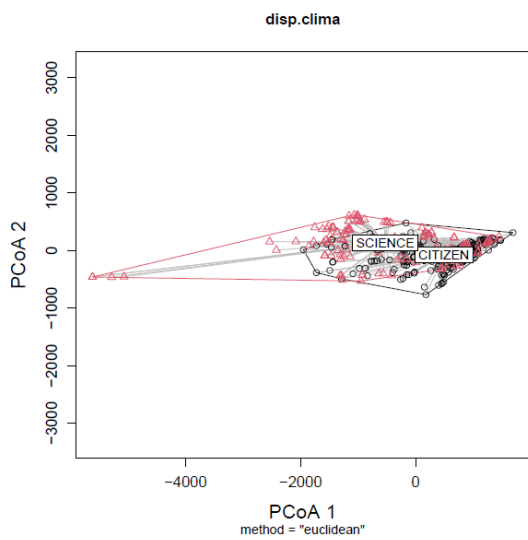
Neofelis diardi



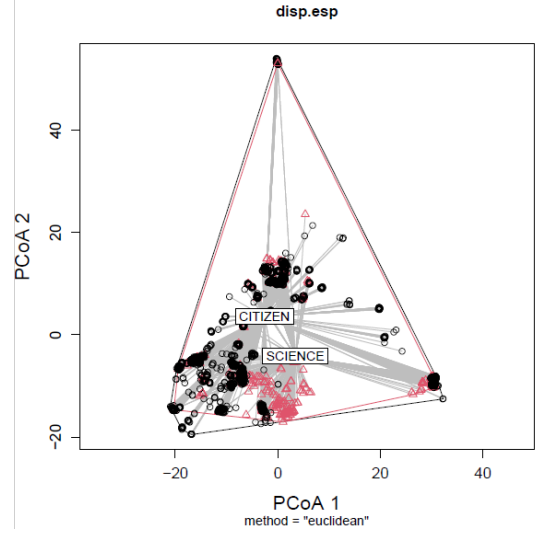
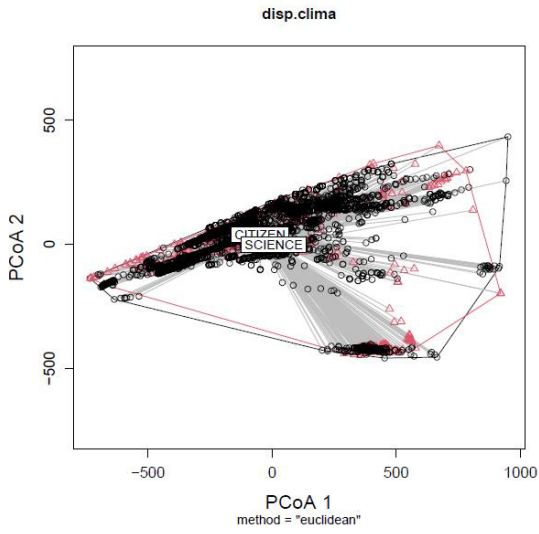
Neofelis nebulosa



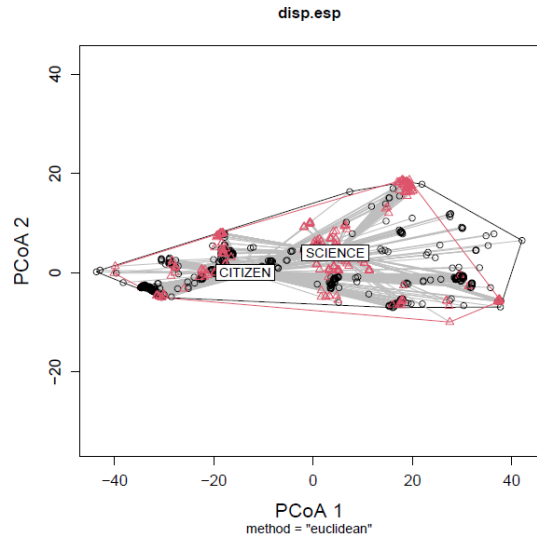
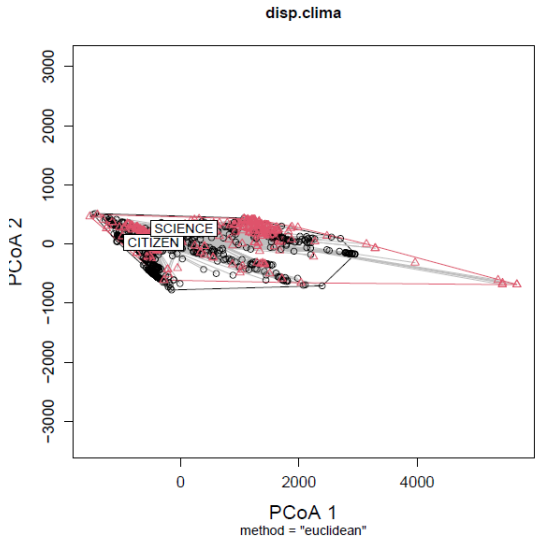
Puma yagouaroundi



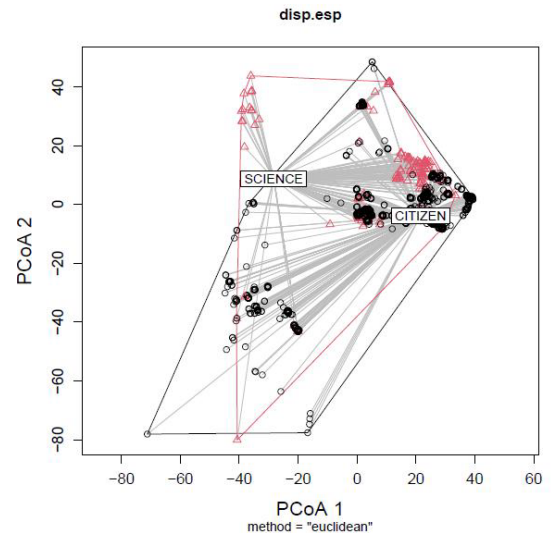
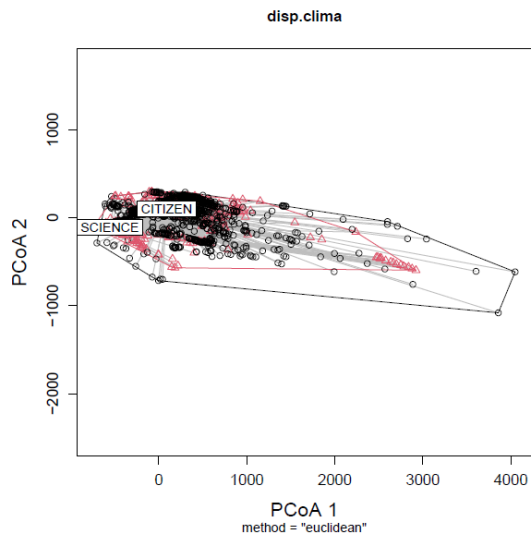
Pantera leo



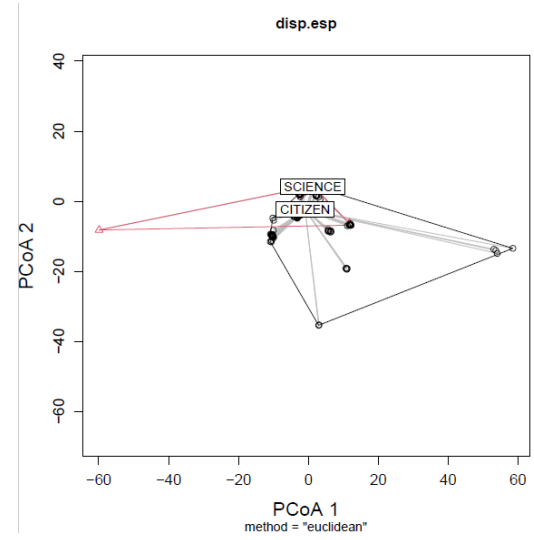
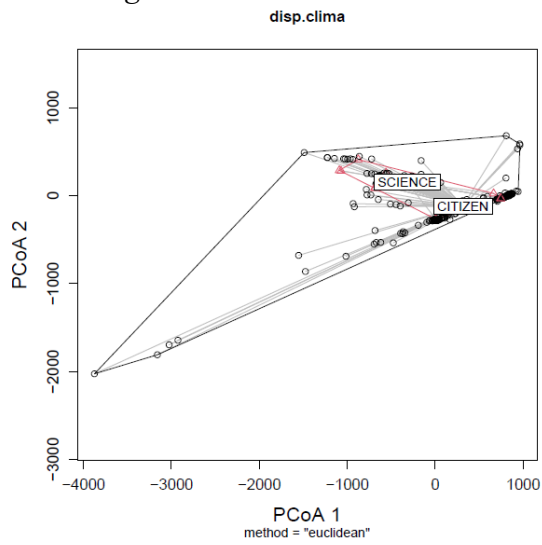
Pantera onca



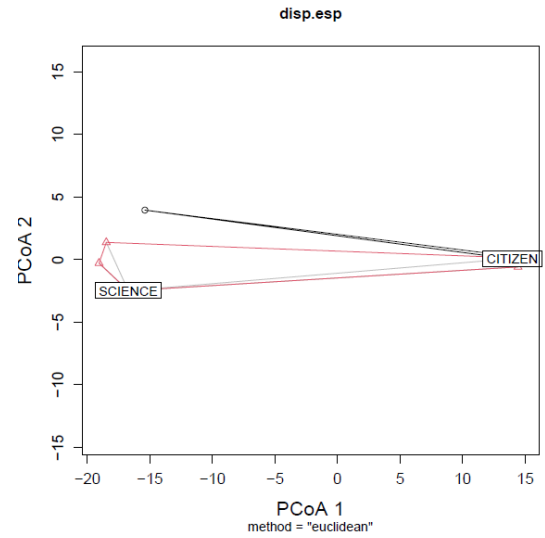
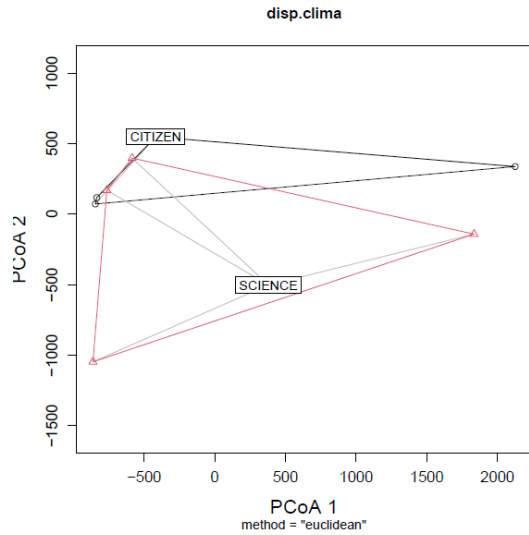
Pantera pardus



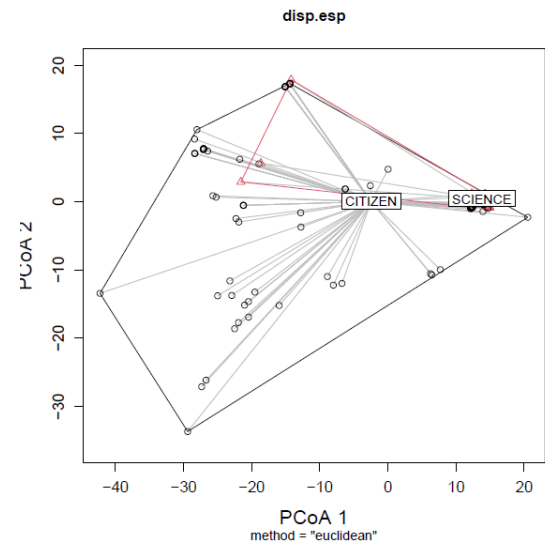
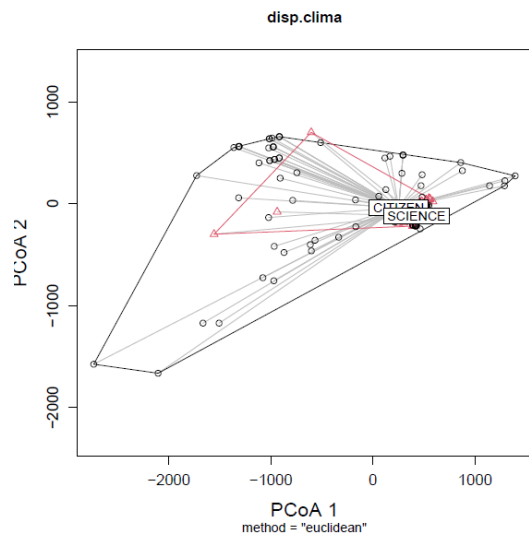
Pantera tigris



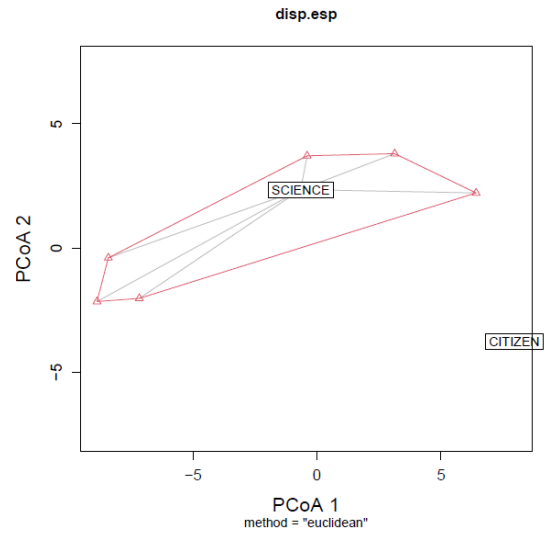
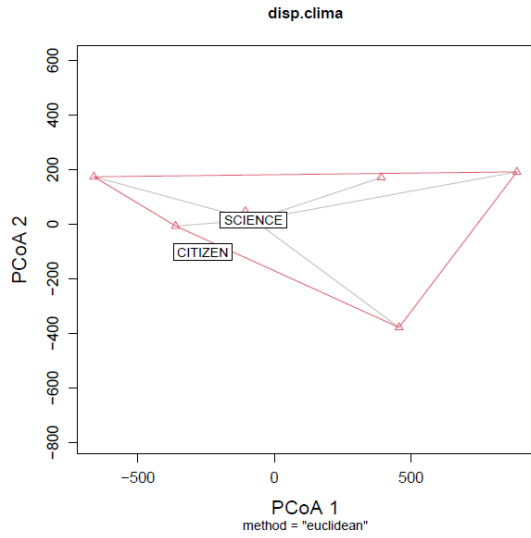
Pardofelis marmorata



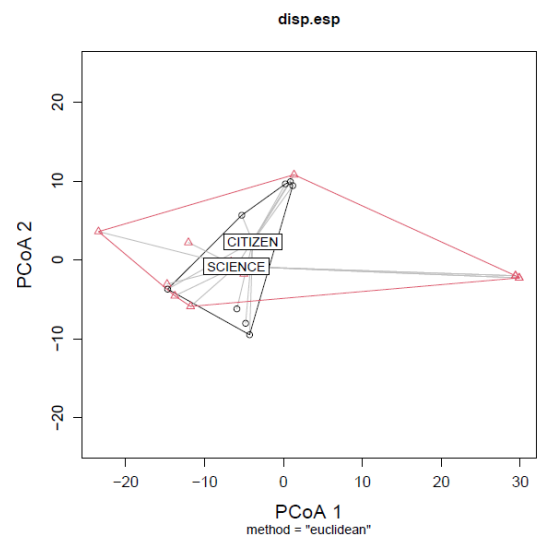
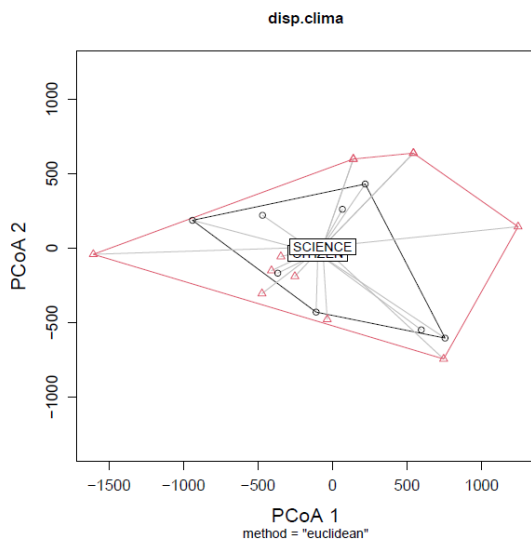
Prionailurus bengalensis



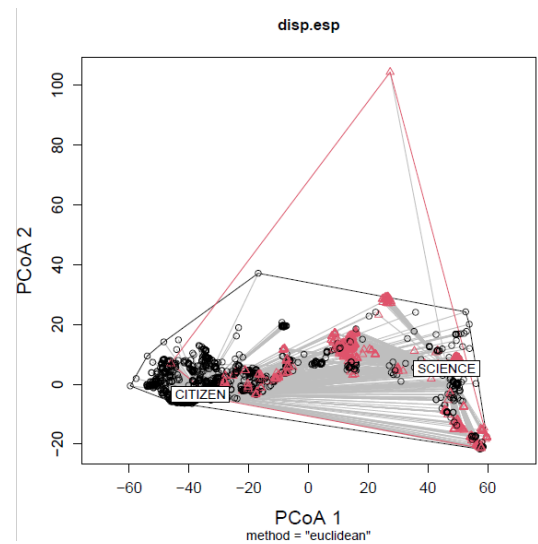
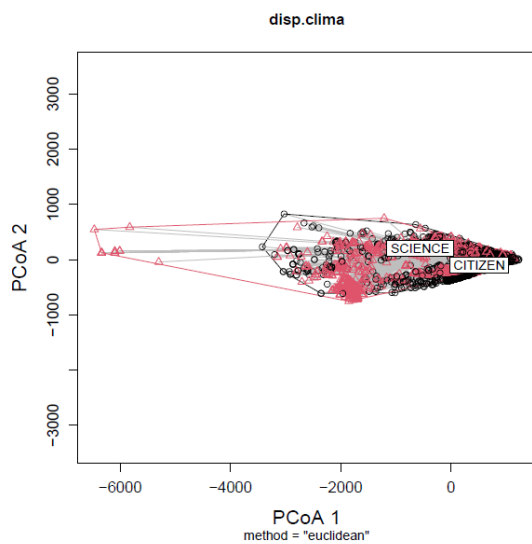
Prionailurus planiceps



Prionailurus viverrinus



Puma concolor



Uncia uncia

