



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Dissertação de Mestrado

*Ser ou não ser visto: a influência do substrato na coloração em comunidades de
anuros*

LUÍSA NUNES LERMEN

Porto Alegre, junho de 2020

Ser ou não ser visto: a influência do substrato na coloração em comunidades de anuros

LUÍSA NUNES LERMEN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Maria Hartz

Comissão Examinadora

Profa. Camila Both – CECLIMAR – Campus do Litoral Norte – UFRGS

Dr. Ricardo Luís Spaniol – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional (CONDER) – SC

Profa. Dra. Noeli Zanella – Instituto de Ciências Biológicas – UPF

Porto Alegre, junho de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Lermen, Luísa

Ser ou não ser visto: a influência do substrato na coloração em comunidades de anuros / Luísa Lermen. -- 2020.

50 f.

Orientadora: Sandra Maria Hartz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. anuros. 2. coloração. 3. coloração animal. I. Hartz, Sandra Maria, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, à Profa. Dra. Sandra Maria Hartz, por aceitar me guiar nessa nova etapa acadêmica, pela paciência e por todos os ensinamentos; à Raíssa Furtado Souza, pelo auxílio e por ter me apresentado ao mundo da coloração dos anfíbios.

Agradeço aos colegas, professores e funcionários do PPG Ecologia, assim como aos companheiros do Laboratório de Ecologia de Populações e Comunidades (LEPEC) por todo o apoio e auxílio durante esse período.

Agradeço aos membros da banca avaliadora por terem aceitado participar o convite; a todos que de alguma forma me ajudaram com os trabalhos de campo; ao ICMBio pela concessão da licença necessárias para este estudo.

Agradeço aos meus queridos amigos Rômulo e Mariana por todo apoio e paciência em me aguentar mostrando gráficos coloridos. Agradecimento especial ao Lucas e ao Fernando, por terem me auxiliado em campo, mesmo em condições climáticas desfavoráveis.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Denise e Vitor por todo apoio e amor incondicional.

Por fim, agradeço a Capes pelo apoio financeiro durante o período de realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
<i>Área de estudo.....</i>	<i>16</i>
<i>Coleta de dados.....</i>	<i>19</i>
<i>Mensuração das cores.....</i>	<i>20</i>
<i>Sistemas visuais.....</i>	<i>21</i>
<i>Análise de dados.....</i>	<i>23</i>
RESULTADOS.....	24
DISCUSSÃO.....	27
Referências	35
Material Suplementar.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagens de alguns corpos d'água amostrados durante o estudo. Dois corpos d'água em região de campo, sendo eles CPL (A) e CPP (C). Três corpos d'água em região de mata com araucária, sendo eles RF (B), ACS (D) e AF (E). E um corpo d'água em alagado em região de dunas, sendo ele DP (F).....18

Figura 2 -Esquema de amostragem de indivíduos e substratos. Primeiro localizamos um macho vocalizante no ambiente (A), este era capturado e quatro medidas da coloração do dorso imediatamente obtidas (B). Após, quatro medidas da coloração do substrato foram feitas diretamente na área onde o animal foi encontrado (C).....20

Figura 3 - Valores de saturação (A), luminosidade (B) e matiz (C) para as diferentes áreas de estudo, cada área de estudo agrupa os valores das espécies e dos substratos amostrados naquele local. Os quadrados pretos indicam a média de cada grupo enquanto as letras indicam a diferença estatística entre as áreas de estudo ($p < 0.05$).....25

Figura 4 - Espaços de cores gerados com os dados espectrais obtidos no estudo, sendo eles um modelo tetracromático para aves (A) e uma modelo dicromático para anuros (B). Cada área amostral é representada por 2 pontos de mesma cor no gráfico, um para coloração do substrato e outro para a comunidade. Quanto mais próximos os pontos estão entre si, mais semelhantes visualmente do ponto de vista do observador.....27

Figura MS1 - Curva de refletância média de cada área amostral dividida entre substrato (vermelho) e espécies (verde). É possível perceber a sobreposição entre as curvas de espécies e substrato, assim como algumas diferenças entre as áreas.....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas de estudo e número de indivíduos amostrados (N) por área para as medidas espectrais da coloração.....	17
Tabela 2 -Espécies encontradas e número de indivíduos por espécie cujas medidas espectrais da coloração dorsal foram avaliadas em cada área amostral: Araucária Floresta (AF), Araucária Campo Manejado (ACM), Araucária Campo Sujo (ACS), Campo Pisoteio Cavallo (CPC), Campo Pisoteio Pesado (CPP), Campo Pastejo Gado (CPG), Araucária Riacho (AR), Campo Pastejo Leve (CPL), Duna Morro (DM) e Duna Praia (DP).....	26
Tabela MS1 – Resultados da seleção de modelos por <i>bootstrap</i> paramétrico. Spp_Amb é o argumento referente a diferença entre a coloração da comunidade e seu substrato, enquanto que Sample é referente a diferença entre sítios amostrais. Os modelos apenas com Sample foram selecionados em todas as variáveis resposta.	41
Tabela MS2 – Resultados da GLM para luminosidade. As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.	42
Tabela MS3 – Resultados da GLM para saturação. As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.	43
Tabela MS4 – Resultados da GLM para matiz. As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.	44
Tabela MS5 - Distâncias euclidianas calculadas entre as diferentes comunidades e ambientes utilizando o modelo visual de uma ave média (predador), além da significância obtida através do modelo nulo. Foram considerados visualmente distintos pontos com distâncias maiores do que 0.15.	45

Tabela MS6 - Distâncias euclidianas calculadas entre as diferentes comunidades e ambientes utilizando o modelo visual de um anuro médio (coespecífico), além da significância obtida através do modelo nulo. Foram considerados visualmente distintos pontos com distâncias maiores do que 0.15.....47

RESUMO

A coloração corporal nos animais é o resultado evolutivo de um trade-off entre o ser e o não ser visto. A iluminação específica de cada habitat afeta a percepção dos organismos, o que pode gerar uma convergência fenotípica em relação à coloração corporal nas comunidades de cada ambiente. Os anfíbios anuros possuem uma notável variedade de padrões de coloração. As colorações crípticas, por exemplo, são muito difundidas devido à pressão evolutiva causada pela elevada taxa de predação por diversos grupos de vertebrados e invertebrados. Porém, sabe-se que a coloração também é um fator importante para seleção sexual no grupo, pois fêmeas preferem acasalar com machos com coloração mais vibrante. Sendo assim, há a possibilidade de forças conflitantes de seleção fenotípica nessas comunidades. O objetivo deste trabalho é determinar a relação entre a coloração corporal de anuros e o substrato em que vivem. Para isso, foram medidas as colorações de diferentes comunidades e do substrato utilizado por elas durante o período reprodutivo. Foram estimadas as diferentes variáveis colorimétricas (luminosidade, saturação, matiz) através de um espectrofotômetro portátil, a partir das quais foram realizados testes estatísticos e construídos modelos visuais. Essas medidas foram utilizadas para calcular a sobreposição das colorações da comunidade e do substrato. Os resultados mostraram que não existe diferença significativa entre a coloração dos indivíduos da comunidade e de seu ambiente, porém, foram encontradas diferenças na coloração entre áreas próximas a zonas florestadas e áreas próximas de zonas abertas. Estes resultados sugerem que a pressão de predação é importante para a definição dos padrões de coloração das comunidades de anuros, enquanto que as propriedades luminosas específicas dos habitats levam a convergência fenotípica na comunidade residente.

ABSTRACT

Body coloration in animals is the evolutive result of a trade-off between to be and not to be seen. The specific illumination of each habitat affects the visual perception of organisms, which may lead to a phenotypic convergence in the body coloration in the community of each environment. Anuran amphibians have a remarkable variety of color patterns. Cryptic colorations, for example, are widespread due to the evolutive pressure caused by the high predation rates by several groups of vertebrates and invertebrates. However, it is known that coloration is also an important factor in sexual selection in the group since females prefer to mate with males with more vibrant coloration. Thus, there is the possibility of conflicting phenotypical selective forces in these communities. The aim of this study is to determine the relation between body coloration of anuran and the substrate they live in. For this, the colors of different communities and the substrate they used during the reproductive period were measured. The different colorimetric variables (brightness, saturation, hue) were estimated using a portable spectrophotometer and used to perform the statistical tests and visual models. These measures were used to calculate the overlap of community and substrate coloration. The results showed no statistical difference between the color of individuals in the community and their environment, however, differences in color were found between sites close to forested areas and sites close to open areas. These results suggest that predation pressure is important for defining the coloration pattern of anuran communities, while the specific light properties of habitats lead to phenotypic convergence in the resident community.

INTRODUÇÃO

A cor surge a partir da interpretação dos sinais enviados ao cérebro pela retina em resposta a determinados comprimentos de onda (Crescitelli 2013, Diamond & Bond 2013). As cores podem ser divididas em três principais atributos: matiz, saturação e luminosidade (Agoston 1979, Steven et al. 2009). O matiz ou “hue” estima o estímulo da cor em si (e.g.: vermelho, azul, amarelo); a saturação ou “croma” estima a pureza da cor e sua intensidade; e o brilho ou luminosidade é uma medida que estima a percepção geral da iluminação (Agoston 1979, Endler 1990, Steven et al. 2009).

A capacidade de percepção das cores evoluiu de forma independente diversas vezes ao longo do tempo em diferentes grupos animais (Crescitelli 2013, Diamond & Bond 2013, Pinna & Reeves 2015). Desta forma, a cor não é percebida igualmente por todas as espécies (Norris & Lowe 1964, Crescitelli 2013, Diamond & Bond 2013). Além disso, os órgãos dos sentidos não passam uma visão perfeita do mundo, mas sim uma representação que seleciona e ressalta aspectos importantes para os comportamentos e a sobrevivência do indivíduo (Cott 1940, Ruxton et al. 2004, Crescitelli 2013, Diamond & Bond 2013, Pinna & Reeves 2015).

O padrão de cor em animais possui três propósitos principais, sendo eles termorregulação, comunicação intraespecífica e evasão à predação (Burt Jr. 1981, Toledo & Haddad 2009, Diamond & Bond 2013). Superfícies de colorações diferentes absorvem ou refletem diferentes comprimentos de onda, o que torna a coloração corporal muito importante para a termorregulação (Burt Jr. 1981, Rudh & Qvarnström 2013). Em um contexto de comunicação intraespecífica, a coloração auxilia no reconhecimento de outros da mesma espécie, além de atrair parceiros reprodutivos e participar na comunicação visual entre os indivíduos (Burt Jr. 1981, Diamond & Bond 2013, Rudh & Qvarnström 2013). O padrão de coloração também pode auxiliar os organismos

a passarem despercebidos (Ruxton et al. 2004, Stevens & Merilaita 2011, Diamond & Bond 2013), desde que essa coloração seja capaz de sobrepor de forma satisfatória ao substrato (Ruxton et al. 2004, Toledo & Haddad 2009, Stevens & Merilaita 2011).

A correspondência da coloração com o ambiente é mais percebida em animais que vivem em ambientes homogêneos e de cores uniformes, como desertos e locais cobertos pela neve (Norris & Lowe 1964). Em habitats homogêneos, a similaridade fenotípica com o ambiente é mais facilmente alcançada através da seleção natural. Já em habitats heterogêneos, a correspondência de uma determinada coloração pode variar espacialmente (Merilaita and Jormalainen 1999; Endler 1978). Segundo Merilaita (2003), a complexidade do substrato de habitats heterogêneos poderia estar facilitando o surgimento de colorações crípticas, já que haveria mais do que uma coloração ótima para camuflagem nesses ambientes, além de uma coloração intermediária satisfatória nos diferentes substratos. Assim, o ambiente é capaz de influenciar na detectabilidade dos indivíduos por predadores e coespecíficos, tendo um papel fundamental na transmissão de informação entre os animais (Burt Jr. 1981).

Apesar de outras pressões, a coloração corporal nos animais é o resultado evolutivo de um trade-off entre o ser e o não ser visto (Endler, 1992; Schaefer & Ruxton, 2015). A predação é capaz de favorecer colorações cuja função é aumentar as chances de sobrevivência do indivíduo, como por exemplo, as cores crípticas que procuram dificultar a detecção através da correspondência da coloração do indivíduo com o ambiente (Merilaita and Stevens 2011). Por outro lado, a seleção sexual favorece indivíduos cujo sinal seja melhor percebido pelos seus coespecíficos (e.g. parceiros reprodutivos), aumentando assim o contraste da coloração do organismo em relação ao seu ambiente (Schaefer and Ruxton 2015). Os organismos aposemáticos, que se utilizam de colorações conspícuas como um sinal de alerta, são uma exceção a esse padrão

(Schaefer & Ruxton, 2015). Sendo assim, caso a seleção por predação seja mais forte do que a seleção sexual, a coloração dos indivíduos será mais críptica, enquanto que uma maior pressão via seleção sexual resultará em indivíduos mais conspícuos em relação ao seu substrato (Endler 1992).

Em um contexto de comunidade, é possível que o ambiente esteja jogando uma convergência fenotípica em relação à coloração corporal, uma vez que a iluminação específica de cada habitat pode afetar a percepção dos organismos (Endler 1992; Gomez and Théry 2004). Porém, são poucos os trabalhos que discutem a relação entre a coloração corporal e a coloração do ambiente em relação a padrões em nível de comunidades. Dalrymple et al. (2018), em um trabalho com comunidades de aves e borboletas, demonstraram uma covariância similar entre a coloração e os fatores ambientais em ambos os táxons. Enquanto que em comunidades de mamíferos lagomorfos (e.g. coelhos, lebres), a coloração da pelagem tende a corresponder à coloração do substrato de seu habitat, o que estaria relacionado à influência da camuflagem como forma de defesa na coloração das espécies do grupo (Stoner et al. 2003).

Os anfíbios anuros possuem uma notável variedade de padrões de coloração corporal, e as colorações crípticas são muito difundidas (Rojas 2017), pois há uma elevada taxa de predação à anuros por diversos grupos de vertebrados e invertebrados (Toledo et al. 2007). Essas colorações crípticas podem ser efetivas por si mesmas ou estar associadas a alguma estratégia comportamental (Rojas 2017). Por exemplo, há indícios de que indivíduos selecionam substratos cuja coloração seja análoga a sua coloração corporal (Morey 1990), enquanto que algumas espécies são capazes de mudar sua coloração para corresponder ao substrato (Polo-Cavia et al. 2016). Portanto, a

evasão à predação pode ser uma importante pressão sobre a coloração de anfíbios anuros.

Durante o período reprodutivo, diversas espécies de anuros podem ser encontradas no mesmo sítio formando grandes coros (Gottsberger and Gruber 2004; Wells 1977). Esse período reprodutivo está normalmente relacionado à ocorrência de precipitação pluviométrica (Gottsberger and Gruber 2004). Os sítios de vocalização disponíveis em um dado ambiente não possuem exatamente as mesmas qualidades e características ambientais, por isso machos de diversas espécies de anuros apresentam comportamento territorialista em relação ao sítio de vocalização selecionado (Wells 1977; Townsend 1989; Furtado et al. 2019). Sabe-se que a comunicação acústica desempenha um papel fundamental na reprodução dos anuros, porém estudos recentes têm demonstrado a importância da comunicação visual no grupo (Hödl and Amezcua 2001; Souza 2019).

A coloração corporal também é um fator importante para seleção sexual em anuros, pois fêmeas preferem machos com coloração mais vibrante (Vásquez and Pfennig 2007; Gomez et al. 2009). Isso pode ocorrer tanto em espécies diurnas (Dreher et al. 2017) quanto noturnas (Vásquez and Pfennig 2007), e estar relacionado à colorações crípticas (Gomez et al. 2009) ou aposemáticas (Dreher et al. 2017). Em *Oophagapumilio* (Schmidt, 1857), as fêmeas apresentam preferência por machos cuja coloração corresponda a sua própria população (Summers et al. 1999; Gade et al. 2016), o que pode estar contribuindo para um processo de especiação destas populações (Richards-Zawacki et al. 2012). Além disso, machos de algumas espécies podem mudar sua coloração corporal durante o período reprodutivo para uma coloração mais conspicua (Ries et al. 2008; Doucet and Mennill 2010), o que parece ser um sinal indicativo da qualidade da prole deste macho (Sheldon et al. 2003) ou um sinal para

outros machos coespecíficos (Kindermann and Hero 2016). Essa coloração vibrante pode ainda ser restrita a uma parte do corpo, sendo revelada apenas durante a corte, como um saco vocal conspícuo ou manchas pelo corpo (ROSENTHAL et al. 2004; Gomez et al. 2009; Hödl and Amezcua 2001). Assim, a seleção sexual parece ter um papel importante na divergência dos padrões de coloração dos anfíbios anuros.

No entanto, a maioria dos estudos sobre a importância da coloração corporal nos anfíbios foi feita utilizando apenas uma ou poucas espécies (Polo-Cavia et al. 2016; Gade et al. 2016; Kindermann and Hero 2016; Dreher et al. 2017; Gomez et al. 2009; Morey 1990). Num estudo com algumas espécies de hílideos com emissão em infravermelho próximo, Emerson et al. (1990) encontraram uma convergência na refletância do infravermelho próximo nessas diferentes espécies, porém o estudo não abordou sua relação com seu substrato natural. Já em um contexto de comunidade e seu ambiente, Norris e Lowe (1964) encontraram correspondência entre a coloração corporal e a coloração do substrato utilizado por répteis e anfíbios. No entanto, esse estudo foi realizado em ambientes relativamente homogêneos em termos de coloração e com foco principal nas espécies de répteis. Dessa forma, a relação entre a coloração corporal de anfíbios anuros e seu substrato utilizado em ambiente natural permanece pouco compreendida.

Sendo assim, há a possibilidade de forças conflitantes de seleção na coloração dessas comunidades e o encontro de uma força de seleção dominante pode ajudar a elucidar a importância dos padrões de coloração nas comunidades de anuros, indicando as pressões mais proeminentes. O objetivo deste trabalho é determinar qual a relação entre a coloração corporal de anuros e seu substrato, em diferentes comunidades. Devido à elevada taxa de predação ao grupo, espera-se que a pressão por predação seja mais

forte do que a seleção sexual. Logo, as comunidades deverão apresentar uma coloração mais críptica, semelhante ao seu substrato, mesmo durante o período reprodutivo.

Para isso, foram medidas as colorações de indivíduos machos de diferentes comunidades e do substrato utilizado por eles através de um espectrofotômetro portátil. Os indivíduos foram capturados e amostrados em campo durante o período reprodutivo e o substrato medido diretamente onde o animal estava. Essas medidas foram utilizadas para calcular a sobreposição espectral entre essas colorações.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Amostrei as colorações de indivíduos das comunidades de anurosem quatro áreas de campo, quatro áreas em região de Floresta Ombrófila Mista e duas áreas em região de dunas no hemisfério sul (região sul do Brasil), compreendendo os paralelos 29° S a 30° S (Tabela 1, Fig. 1).

As áreas de mata com araucária (Fig. 1 B, D, E) estão em uma zona de clima úmido, com pluviosidade média anual de aproximadamente 2200 mm e temperatura média de 14,5 °C. A vegetação é caracterizada por um mosaico de zonas de campo (Campos de Cima da Serra) e matas com araucária (Floresta Ombrófila Mista ou Mata Atlântica - lato sensu) (Backes et al. 2006). Os corpos d'água amostrados nessa região estão localizados dentro de duas unidades de conservação no município de São Francisco de Paula, sendo eles o Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata (CPCN Pró-Mata) e a Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP). Os pontos amostrados foram Araucária Floresta (AF), Araucária Campo Manejado (ACM), Araucária Campo Sujo (ACS) e Araucária Riacho (AR).

Tabela 1 - Áreas de estudo e número de indivíduos amostrados (N) por local para as medidas espectrais da coloração dos indivíduos e do ambiente.

Área de estudo	Coordenada geográfica	Habitat	Indivíduos amostrados (N)	Mês/ano da amostragem
AF	S 29°25'34,2"; W 50°23'19,0"	Região de mata com araucária, área aberta cercada por floresta	8	Novembro/2018
ACM	S 29°28'49,7"; W 50°10'22,8"	Região de mata com araucária, área aberta de campo manejado	6	Janeiro/2019
ACS	S 29°28'54,0"; W 50°10'36,3"	Região de mata com araucária, área aberta de campo sujo	10	Janeiro/2019
CPC	S 29°41'56,7"; W 51°28'4,3"	Região de campo com pastejo, pisoteio por cavalos e muita vegetação interna	6	Fevereiro/2019
CPP	S 30°6'3,30"; W 51°40'26,97"	Região de campo com pastejo e alto pisoteio por gado	4	Março/2019
CPG	S 30°6'2,54"; W 51°40'36,07"	Região de campo com pastejo, pisoteio por gado e alguma vegetação interna	4	Março/2019
AR	S29°29'13.3"; W50°13'12.0"	Região de mata com araucária, riacho no interior da mata	7	Janeiro/2016
CPL	S 30°5'44,14" W 51°40'59,06"	Região de campo com pastejo leve e muita vegetação interna	6	Outubro/2019
DM	S 29°22'49,3" W 49°45'27,7"	Alagado em região de dunas, próximo da mata com alguma vegetação interna	10	Novembro/2019
DP	S 29°22'50,7" W 49°45'19,3"	Alagado em região de dunas, próximo ao mar com muita vegetação interna	9	Novembro/2019

As áreas de campo (Fig. 1 A, C) estão em uma zona com pluviosidade média anual de aproximadamente 1440 mm e temperaturas médias mensais entre 9°C e 25°C. A vegetação é campestre (Pampa), composta principalmente por espécies de gramíneas e asteráceas (Boldrini and Eggers 1996; Pillar et al. 2009). A produção pecuária na região faz com que o pastejo seja uma importante pressão sobre a vegetação, porém essa perturbação só se torna danosa à comunidade campestre quando ocorre de forma muito intensa (Pillar et al. 2009). Os corpos d'água amostrados nessa região estão localizados

dentro da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul, e em uma propriedade privada no município de Montenegro. Os pontos amostrados foram Campo Pisoteio Cavalto (CPC), Campo Pisoteio Pesado (CPP), Campo Pastejo Gado (CPG) e Campo Pastejo Leve (CPL).

As áreas de dunas (Fig. 1 D) estão numa zona com pluviosidade anual média de 1535 mm e temperatura média de 19,3 °C, sendo o inverno pouco intenso e o verão quente. A vegetação é típica da região costeira (Mata Atlântica), composta por áreas de restinga, floresta paludosa e campos alagados, com a presença de dunas móveis e dunas fixadas com vegetação de restinga (Colombo et al. 2008). Os corpos d'água amostrados nessa região estão localizados dentro do Parque Estadual de Itapeva (PEVA), no município de Torres. Os pontos amostrados foram Duna Morro (DM) e Duna Praia (DP).

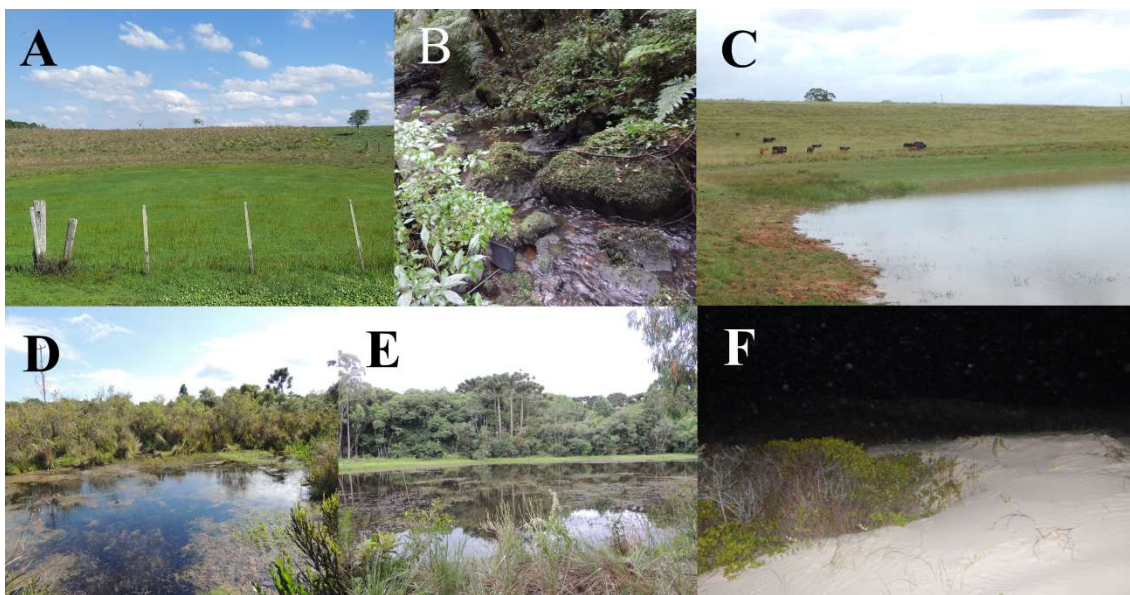


Figura 1 - Corpos d'água amostrados durante o estudo. A (CPL) e C (CPP), em área de campo; B (AR), D (ACS) e AF (E), em área de mata com araucária; e F (DP) em área de dunas.

Coleta de dados

Realizei coletas nos anos de 2016, 2018 e 2019 (Tabela 1). Cada corpo d'água amostrado foi visitado apenas uma vez durante um turno, noite ou dia, no qual foram realizadas as coletas de dados. Assim, espera-se diminuir a influência de variabilidade temporal na coloração do ambiente (Merilaita 2003). Para padronizar o esforço amostral entre os locais utilizei uma curva do coletor, assim as coletas em cada local ocorriam até a quantidade de novas espécies capturadas alcançarem um ponto estável.

Coletei dados de coloração apenas de machos vocalizantes durante o período reprodutivo da maioria das espécies na comunidade, época mais importante para seleção sexual. Amostrei apenas machos, pois estes são alvo da seleção sexual pelas fêmeas. As medidas de coloração do substrato (e.g., vegetação, solo, troncos) foram medidas diretamente onde o animal foi encontrado. Essas medidas foram realizadas imediatamente após a captura, conforme o esquema da figura 2. Indivíduos vocalizando na superfície da água em áreas profundas não foram amostrados devido às limitações na medição do substrato desses indivíduos. Após a identificação de um macho cantante, capturei o indivíduo para medição objetiva das cores e depois o mantive em recipiente adequado até o final da coleta no local, isso foi feito para evitar a recaptura deste mesmo indivíduo.

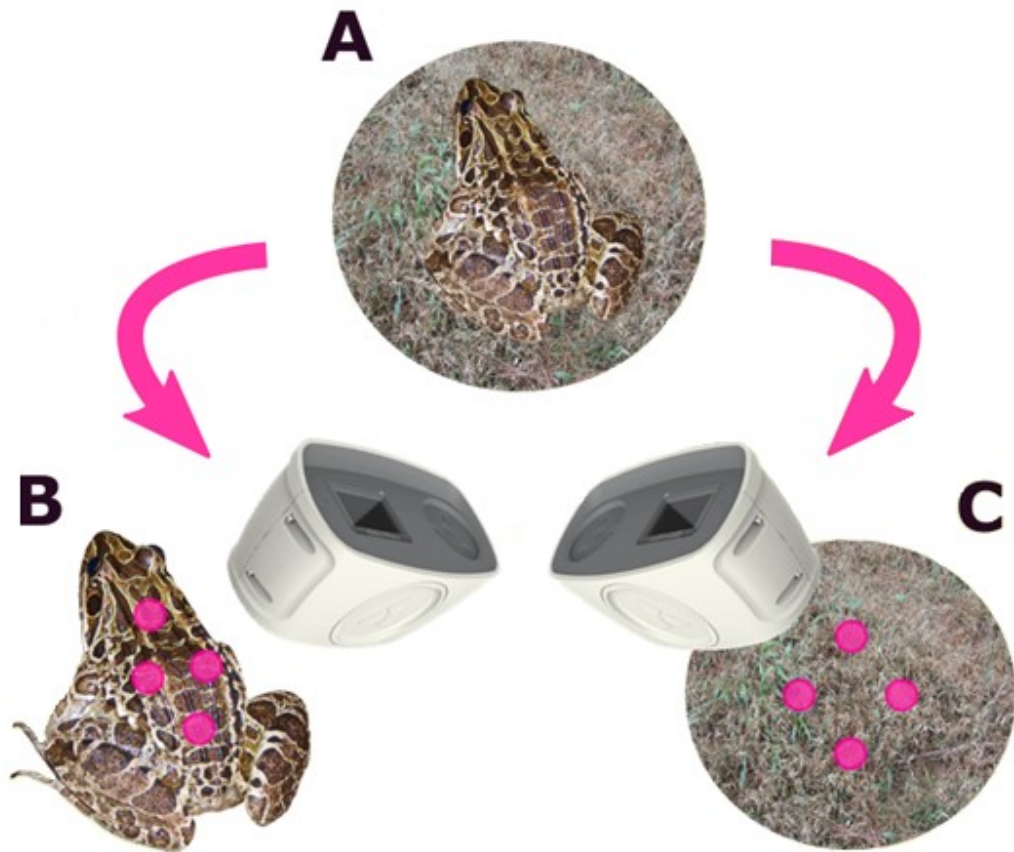


Figura 2 - Esquema de amostragem de indivíduos e substratos. Primeiro localizamos um macho vocalizante no ambiente (A), este era capturado e quatro medidas da coloração do dorso imediatamente obtidas (B). Após, quatro medidas da coloração do substrato foram feitas diretamente na área onde o animal foi encontrado (C).

Mensuração das cores

Amostrei os dados de coloração das espécies e dos substratos de cada local através de um espectrofotômetro portátil Delta Color©DeltaVista® utilizando uma lente com abertura de 4mm. O aparelho realiza medidas na faixa do espectro da luz visível (400 - 700 nm), sendo assim não foram captadas emissões em espectros ultravioletas ou infravermelhos. Realizei quatro medidas de coloração em cada indivíduo e substrato

(Fig. 2), que foram utilizadas para calcular a curva de refletância média para cada amostra. As espécies amostradas foram identificadas com o auxílio de guias de campo (Kwet et al. 2010) e guias sonoros (Kwet and Márquez 2010). Efetuei todas as transformações e análises estatísticas dos dados no programa R v.3.5.3 (R Foundation for Statistical Computing 2008).

Estimei as diferentes variáveis colorimétricas (luminosidade, saturação e matiz) para cada indivíduo e substrato a partir dos espectros suavizados para remoção do ruído (flutuação aleatória do sinal de saída do instrumento) gerado pela interferência dos componentes eletrônicos do aparelho. Desta forma, cada conjunto de quatro pontos obtido de cada indivíduo e substrato foram considerados como uma unidade amostral. A luminosidade, medida que estima a refletância máxima, foi estimada como a refletância cumulativa média ao longo de todo o espectro. A saturação, que mede a pureza da cor e sua intensidade, foi calculada como a diferença entre o valor máximo e mínimo de refletância dividida pela luminosidade média. Já a matiz, que estima o estímulo da cor em si (e.g., vermelho, verde, azul, amarelo), foi considerada como o comprimento de onda que apresenta o pico mais alto na refletância (Endler 1990). Obtive todas as variáveis colorimétricas, assim como fizemos a suavização e cálculo da média dos espectros amostrados, através do pacote PAVO (Maia et al. 2019).

Sistemas visuais

A cor não é percebida da mesma forma por todos os organismos, assim, a correspondência da coloração depende da capacidade visual do observador, além de outras características ambientais (Diamond and Bond 2013). Para avaliar como a coloração das comunidades e substratos é percebida pelos organismos no ambiente utilizei espaços de cores, que permitem a representação gráfica da percepção da cor por

um animal a partir de um modelo visual fornecido a priori. Para gerar estes espaços utilizei dois modelos visuais distintos, sendo um para os anuros e outro para um grupo de predadores (aves) utilizando o pacote PAVO do R. A escolha de aves como grupo de predadores foi feita por serem predadores visualmente orientados.

Anfíbios possuem um sistema visual dicromático, ou seja, possuem apenas dois tipos de células (cones) diferentes para discriminação de comprimentos de onda na retina (Yovanovich et al. 2017). Dessa forma, o sistema visual de anfíbios anuros irá apresentar pico de sensibilidade em dois comprimentos de onda diferentes (Diamond and Bond 2013, Yovanovich et al. 2017). Para o modelo visual de anuros utilizei as informações de sensibilidade dos fotorreceptores na retina de diversas espécies de anuros disponíveis em Yovanovich et al. (2017), com as quais realizei uma média de sensibilidade para gerar um modelo visual médio para o grupo. Assim, o modelo final foi composto por dois valores médios de comprimento de onda como pico de sensibilidade para cada fotorreceptor, sendo eles 432 nm e 502nm.

Já aves, em sua maioria, possuem um sistema visual tetracromático, com quatro tipos de células (cones) diferentes para discriminação de comprimentos de onda na retina (Hart, 2001; Osorio, 2019). Dessa forma, o sistema visual de aves vai apresentar quatro picos de sensibilidade em diferentes comprimentos de onda (Diamond and Bond 2013, Osorio, 2019). Assim, para o modelo visual, utilizei as informações de sensibilidade dos fotorreceptores na retina de diversas espécies de aves a partir dos dados publicados por Hart (2001), com os quais gerei um modelo visual médio para o grupo. O modelo final foi composto por quatro valores médios de comprimento de onda como pico de sensibilidade para cada fotorreceptor, sendo eles 391 nm, 449 nm, 503 nm e 565nm.

Análise de dados

Para avaliar a similaridade na coloração entre comunidades e substrato utilizei Modelos Lineares Generalizados (GLM) considerando cada variável colorimétrica estimada (luminosidade, saturação e matiz) individualmente como variável resposta. Na parte fixa do modelo incluímos o sítio amostral, assim como espécie e ambiente como uma única variável de identificação das duas categorias (Tab. MS1). Utilizei as espécies amostradas como fator aleatório para controlar seu efeito sobre a coloração, tentando evitar um possível viés filogenético, mesmo que a coloração em anuros pareça não ser filogeneticamente estruturada (Wollenberg et al. 2007; Souza 2019). Para utilizar o modelo mais parcimonioso e menos saturado de informações, realizei a seleção de modelos por *bootstrap* paramétrico entre modelos com diferentes interações entre as duas variáveis fixas (Tab. MS1). No caso de resultados significativos, realizei um teste *post-hoc* de Tukey para examinar comparações em pares entre os resultados. Essas análises estatísticas foram feitas através do pacote LME4 (Bates et al. 2015).

Cada modelo visual foi utilizado para gerar um espaço de cor distinto, sendo um espaço dicromático para anuros e um espaço tetracromático para aves, que foram avaliados separadamente. As amostras de coloração foram plotadas nesses espaços de cores e a diferença visual entre essas amostras era dada através da distância euclidiana entre os diferentes pontos. A significância da diferença na coloração entre os pontos amostrais foi avaliada através de um modelo nulo para cada modelo visual. Para o modelo nulo foi feita a aleatorização das colorações de comunidade e substrato através da seleção ao acaso das amostras que pertenceriam a cada sítio amostral. Mantive as colorações que originalmente eram da comunidade como sendo uma coloração de comunidades e as colorações que originalmente eram de substrato como sendo uma coloração de substrato. Após, as distâncias euclidianas dessas comunidades aleatorizadas

eram calculadas. Foram feitas 1000 aleatorizações e os resultados foram comparados com o observado durante o estudo através de um ranqueamento. Considerei significativos resultados cuja probabilidade fosse menor do que 0,005, sendo o teste bilateral. Considerei como visualmente distintos pontos com distancias maiores do que 0.15, baseado em Gumbert et al. (2010) que utilizou uma técnica similar.

RESULTADOS

Amostrei 16 espécies ao longo dos diferentes sítios amostrais (Tab. 2), sendo um total de 70 indivíduos avaliados. A quantidade de espécies e indivíduos, em cada área, variou entre os pontos, sendo que algumas áreas apresentaram comunidades com apenas uma espécie amostrada. Não encontrei diferença significativa entre a coloração do substrato e a coloração das comunidades de espécies presentes na mesma área amostral (Tab. MS1). Porém os resultados mostraram diferença significativa na coloração entre alguns das áreas amostradas, indicando uma diferenciação entre ambientes abertos e florestais. Isso pode ser observado nas variáveis colorimétricas e na visão do observador, tanto para o predador quanto para o coespecífico.

Como não houve diferença estatística entre as espécies e seus substratos em cada área amostral, a partir desse momento as medidas espectrais de espécie e substrato foram agrupadas por área amostral para as análises das variáveis colorimétricas (Fig. 3).

A saturação foi a variável colorimétrica que apresentou maior variação entre as áreas amostradas (Fig. 3A, Tab. MS2), sendo que áreas mais próximas de ambientes florestados tenderam ter uma diferenciação de áreas próximas de ambientes abertos (campos e dunas). O matiz (Fig. 3C, Tab. MS4) apresentou uma variação um pouco menor, porém a mesma tendência de diferenciação entre ambientes florestados

eabertos. Enquanto que a luminosidade (Fig. 3B, Tab. MS3) não apresentou nenhuma tendência clara de diferenciação entre as áreas, apesar de haver uma área diferente das demais que parece ser um outlier.

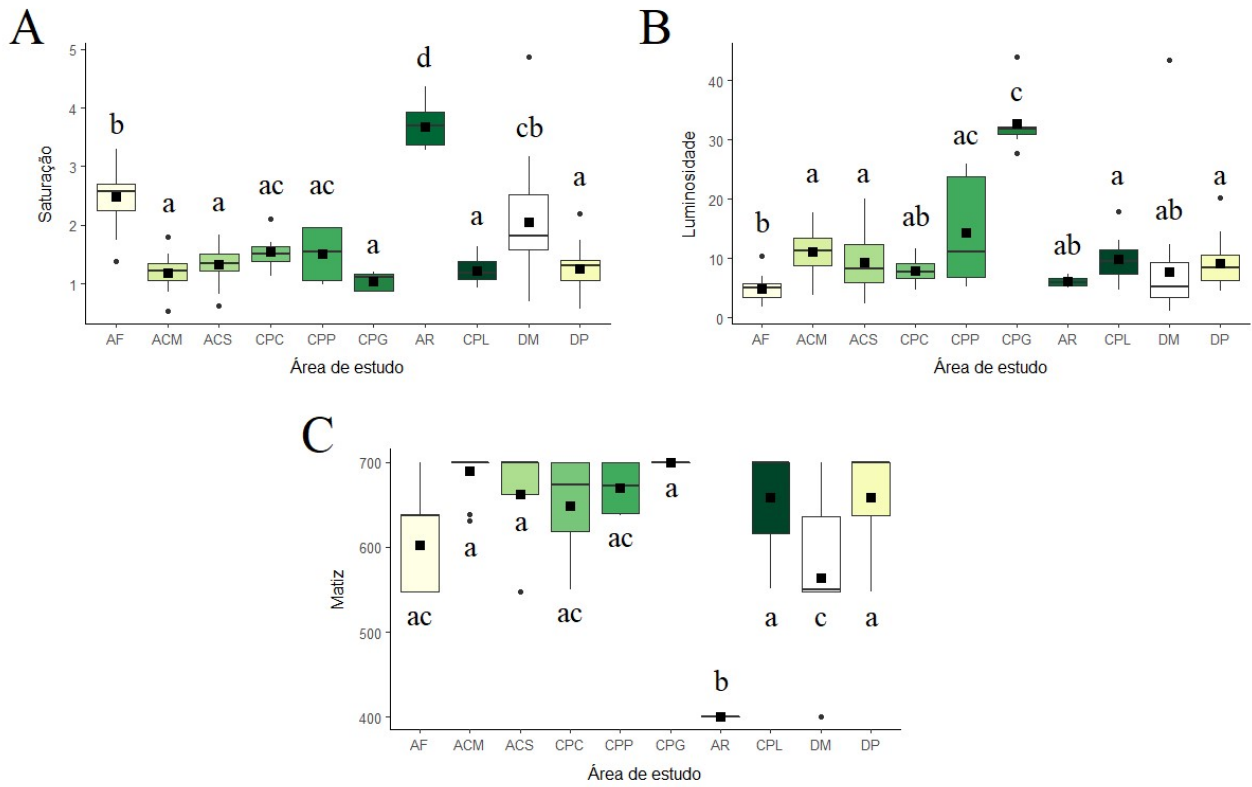


Figura 3 -Valores de saturação (A), luminosidade (B) e matiz (C) para as diferentes áreas de estudo, cada área de estudo agrupa os valores das espécies e dos substratos amostrados naquele local. Os quadrados pretos indicam a média de cada grupo enquanto as letras indicam a diferença estatística entre as áreas de estudo ($p < 0.05$).

De forma semelhante, quando consideramos a percepção dos organismos, não houve diferença significativa entre as colorações de comunidade e substrato dos locais amostrados (Fig. 4). Esse resultado foi obtido tanto quando considerado o modelo para predadores (aves) (Fig.4A, Tab. MS5) quanto para o modelo de co-específico (anuro) (Fig. 4B, Tab. MS6). Da mesma forma em ambos os modelos, apenas duas áreas foram

significativamente distintas visualmente, sendo elas AF e AR, as áreas mais próximas de locais florestados ($p < 0.05$).

Tabela 2 -Espécies encontradas e número de indivíduos por espécie cujas medidas espectrais da coloração dorsal foram avaliadas em cada área amostral: Araucária Floresta (AF), Araucária Campo Manejado (ACM), Araucária Campo Sujo (ACS), Campo Pisoteio Cavallo (CPC), Campo Pisoteio Pesado (CPP), Campo Pastejo Gado (CPG), Araucária Riacho (AR), Campo Pastejo Leve (CPL), Duna Morro (DM) e Duna Praia (DP).

SPP	Área									
	AF	ACM	ACS	CPC	CPP	CPG	AR	CPL	DM	DP
<i>Aplastodiscusperviridis</i>			1							
<i>Boanabiscoffi</i>	3	1	2							
<i>Boanafaber</i>		2								
<i>Dendropsophus minutus</i>	2	1	3			4		2	4	3
<i>Dendropsophus samborni</i>										1
<i>Hylodes meridionales</i>							7			
<i>Boanaleptolineata</i>			3	1						
<i>Leptodactylus latrans</i>		1								
<i>Physalaemus cuvieri</i>								1		
<i>Pseudopaludicola falcipes</i>				5	4					
<i>Rhinela cf. icterica</i>	2									
<i>Scinax fuscovarius</i>			1					2		
<i>Scinax granulatus</i>	1									
<i>Scinax sp. aff. alter</i>		1								
<i>Scinax tymbamirim</i>									6	5
<i>Scinax squalirostris</i>								1		

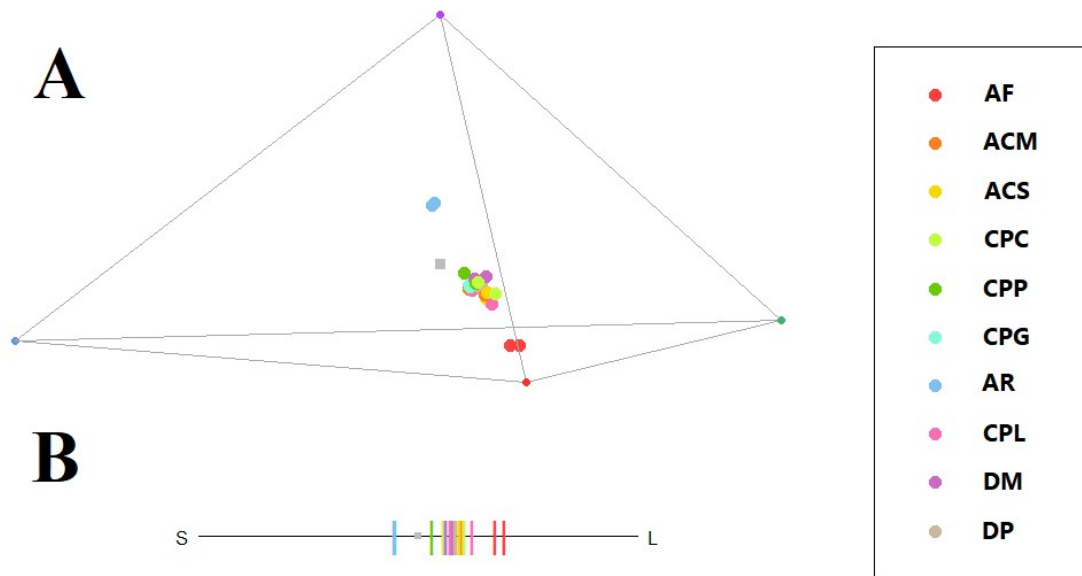


Figura 4 -Espaços de cores gerados com os dados espectrais obtidos no estudo, sendo eles um modelo tetracromático para aves (A) e uma modelo dicromático para anuros (B). Cada área amostral é representada por dois pontos de mesma cor no gráfico, um para coloração do substrato e outro para a comunidade. Quanto mais próximos os pontos estão entre si, mais semelhantes visualmente do ponto de vista do observador.

DISCUSSÃO

Não foi encontrada diferença significativa entre a coloração do substrato e a coloração da comunidade de espécies de anuros desse mesmo ambiente (Fig. MS1), entretanto, foram encontradas diferenças na coloração entre as áreas de estudo. Diferente do esperado, não podemos refutar nossa hipótese de que a pressão de predação é mais sobre as espécies de anfíbios anuros, levando a uma convergência fenotípica nas comunidades amostradas. Este resultado condiz com o encontrado por Norris and Lowe (1964) em um estudo com anfíbios e répteis, que propôs uma tendência geral de muitos animais em possuírem uma coloração semelhante ao seu substrato. Da mesma forma, os

resultados encontrados em estudos avaliando a coloração em comunidades de outros grupos que demonstraram uma tendência semelhante de sobreposição na coloração de espécies e substratos(Dalrymple et al. 2018; Stoner et al. 2003).

A predação é um fator importante na história natural de anfíbios anuros, uma vez que estes organismos são predados por diversos grupos de vertebrados e invertebrados (Toledo et al. 2007). Isso é capaz de influenciar na coloração corporal das espécies, já que as presas usam a camuflagem como uma estratégia de defesa para não serem detectadas, o que as tornaria mais semelhantes ao seu substrato (Ruxton et al. 2004). Sabe-se que a camuflagem através de colorações crípticas é uma estratégia de defesa amplamente distribuída em anfíbios anuros, ocorrendo em um grande número de espécies(Rojas 2017; Rudh and Qvarnström 2013).Asemelhança entre a coloração das espécies e seu substrato (Fig. MS1) seria um indicativo da presença de diversas espécies que formam a comunidade utilizando a camuflagem como estratégia de defesa. Assim, as características ambientais estariam levando a uma convergência fenotípica entre as espécies presentes na comunidade devido a uma estratégia de defesa muito difundida. Porém, é importante ressaltar que nosso tempo de coleta em cada local foi limitado e isso deve ter impactado a amostragem de algumas espécies da comunidade local, principalmente espécies raras. Gumbert et al. (1999), em um estudo com a coloração das flores de comunidades vegetais considerando a visão do polinizador, constatou que a coloração das flores dessas comunidades não diferiu do esperado ao acaso, porém houve uma divergência na coloração floral de espécies raras para as demais espécies simpátricas em algumas áreas. Dessa forma, espera-se que a ausência de espécies raras na amostra não afete a tendência geral da coloração da comunidade, porém é possível que estas espécies difiram deste padrão(Colombo et al. 2008; Kwet et al. 2010; Sandoval 2015).

De forma geral, as diferenças encontradas entre as colorações dos diferentes pontos amostrais parecem demonstrar uma tendência à diferenciação dos locais mais próximos de áreas florestadas (Fig. MS1) dos próximos de vegetação aberta (Fig. MS1). Sabe-se que a presença do dossel altera a composição espectral da luz que incide sobre o sub-bosque, gerando diferentes ambientes luminosos que são capazes de alterar percepção visual dos organismos nele inseridos (Endler 1993; Théry 2001). Gomez and Théry (2004), em um estudo com comunidades de aves, encontraram uma relação do gradiente de ambientes luminosos (do dossel até o sub-bosque) em uma floresta neotropical com a coloração críptica encontrada nas espécies de dossel e sub-bosque, de forma que ambos os grupos seriam crípticos em seus respectivos substratos. Isso ocorre devido à alteração do espectro da luz solar ao passar pelas folhas presentes no dossel, que absorvem alguns comprimentos de onda para a fotossíntese e refletem parte do espectro (Théry 2001). Assim, a tendência encontrada no presente estudo pode estar relacionada a diferenças na incidência e qualidade da luz no sub-bosque de ambientes florestais, que estariam influenciando a coloração das comunidades de anuros desses locais numa tentativa de tornarem-se mais crípticos nesse ambiente, diferenciando-as das comunidades de ambientes mais campestres.

Porém, apesar da área DM apresentar a tendência de diferenciação das áreas abertas nos testes de GLM o mesmo não foi verificado nos testes com modelos visuais. É possível que isso ocorra por alguns indivíduos da comunidade serem provenientes de áreas florestais, já que a área DP apresenta espécies semelhantes às encontradas na área DM (Tab. 2) e está mais associado a outros ambientes de áreas abertas. Há registro de plasticidade fenotípica na coloração dorsal de tartarugas para se adaptarem a coloração do ambiente em que vivem (McGaugh 2008), assim, é possível que indivíduos da comunidade provenientes de habitats florestais adjacentes apresentem uma coloração

diferenciada cujo contraste com o substrato poderia ser atenuado através da seleção de um micro-habitat mais similar à coloração do próprio indivíduo(Wente and Phillips 2005).Isso também pode estar relacionado ao fato de haver uma grande variação na curva de refletância da comunidade, apesar de não haver diferença significativa entre o padrão de coloração comunidade e o ambiente na área DM (Fig. MS1 DM), o que não ocorre na área DP (Fig. MS1 DP).O elevado valor de luminosidade da área CPG parece ser apenas um *outlier*.

A presença de comunidades compostas por apenas uma espécie pode ser um problema, uma vez que a coloração é uma característica típica das espécies, podendo inclusive ser utilizada na diferenciação de espécies crípticas em alguns grupos (Abdelaziz et al. 2011). Porém, é possível que as comunidades com apenas uma espécie de anuro não seja tão problemática. Dalrymple et al. (2018), em um estudo com comunidades de aves e borboletas, indica que a diversidade na coloração de presas (borboletas) está relacionada à diversidade da comunidade de predadores (aves) no mesmo ambiente, o que estaria relacionado à utilização do aposematismo como estratégia de defesa. Neste estudo, três áreas amostradas tiveram comunidades compostas por apenas uma espécie, sendo elas CPP, CPC e RF.O impacto que a presença de apenas uma espécie teve nos resultados obtidos para estas áreas parece ter sido variável. Enquanto que as áreas CPP e CPC parecem não ter tido seus resultados muito comprometidos, estando relacionada a ambientes de alta perturbação, a área RF apresentou uma diferenciação marcante que pode ser resultado dos hábitos peculiares da espécie amostrada.

Altos níveis de perturbação no ambiente são capazes de alterar a estrutura de comunidades de anuros, podendo diminuir o número de espécies que ocorrem em determinadas áreas(Signorelli et al. 2016).Algumas áreas de campo amostradas tinham a

presença de animais de grande porte, como gado (Fig. MS1 CPG, CPL e CPP) e cavalos (Fig. MS1 CPC). Sabe-se que o pastejo pode levar a alterações na estrutura e composição da vegetação, assim como nas propriedades do solo (Yates et al. 2000). As áreas CPG, CPP e CPC apresentaram comunidades muito pobres em número de espécies, sendo CPP e CPC com apenas uma espécie, provavelmente devido à alta intensidade de pastejo a que estavam submetidas. Mesmo assim, esses locais não apresentaram diferença na coloração em relação às outras áreas abertas amostradas. Entre esses pontos estava incluída a área CPL, próxima dos locais com grade perturbação, porém com menor intensidade de pastejo e maior riqueza de espécies. É importante reforçar que a coloração corporal em anuros parece não ser filogeneticamente estruturada (Wollenberg et al. 2007; Souza 2019). Assim, essa semelhança parece ressaltar ainda mais a presença de uma convergência fenotípica entre as espécies de anuros, uma vez que comunidades com maior número de espécies tiveram um padrão de coloração similar com as comunidades com apenas uma espécie.

Apesar de estarem mais próximos de zonas florestais, as áreas AF e AR são consideradas extremamente distintas quando analisados os modelos visuais. Isso pode ser um reflexo da presença de apenas uma espécie amostrada na área AR, *Hylodesmeridionalis* (Mertens, 1927), uma vez que essa diferença parece estar relacionada à grande diferença de matiz entre as duas áreas. *H. meridionalis* é uma espécie de anuro com hábitos diurnos que vocaliza sobre as pedras (Furtado et al. 2019). A atividade diurna em anuros é tida como um fator que acaba por deixar os indivíduos mais expostos à predação (Berger and Gotthard 2008; Sunde et al. 2003). Assim, é possível que a diferença drástica de matiz entre as áreas AF e AR esteja relacionada de hábitos das espécies presentes nas duas áreas, sendo que AR seria muito influenciado pelo substrato rochoso. Porém, isso não invalida a possibilidade de diferenciação na

coloração entre comunidades de áreas florestais e abertas. A clara tendência das áreas AF e AR das demais nos resultados do GLM de saturação mantém a evidência dessa relação, uma vez que a associação entre ambientes florestais e valores maiores de saturação já foi reportado para comunidades de lepidópteros (Spaniol et al. 2020).

Além da crípse, anfíbios anuros podem utilizar do aposematismo como estratégia de defesa contra predadores (Toledo and Haddad 2009; Rojas 2017). Ao contrário dos organismos crípticos, espécies aposemáticas possuem uma coloração conspícua em relação a seu substrato que serve de alerta para predadores sobre a impalatabilidade da presa (Ruxton et al. 2004). Desta forma, a presença de espécies aposemáticas na comunidade afeta o padrão de sobreposição com a coloração do substrato gerado por espécies crípticas. Porém, apesar do aposematismo estar geralmente associado à coloração corporal como um todo, é possível que a coloração de alerta esteja restrita a partes do corpo que não são vistas quando o indivíduo está em posição de descanso (Toledo and Haddad 2009; Rojas 2017). Algumas espécies que utilizam a camuflagem como forma de defesa podem revelar essas colorações conspícuas quando ameaçados (Rojas 2017). Por exemplo, *Melanophryniscus cambaraensis* (Braun & Braun, 1979) é uma espécie com coloração dorsal críptica e ventral conspícua que pode ser encontrada próxima de algumas áreas amostradas (Kwet et al. 2010). Das espécies que podem ser encontradas nas áreas de estudo, a maioria possui coloração dorsal que pode ser considerada críptica (Colombo et al. 2008; Kwet et al. 2010; Sandoval 2015). Assim, espécies aposemáticas com coloração corporal conspícua não influenciariam no resultado do presente estudo. No entanto, o efeito da presença dessas espécies na coloração geral da comunidade precisa ser investigado.

De forma geral, a comunicação acústica tem um papel fundamental na reprodução dos anfíbios anuros (Wells 1977; Hödl and Amezcua 2001). No entanto,

recentemente a comunicação visual em anuros tem sido mais estudada, mostrando o complexo repertório de sinais visuais presente no grupo (Hödl and Amezquita 2001; Souza 2019; Furtado et al. 2019). Esses sinais visuais podem ser emitidos através da movimentação dos membros ou com auxílio da coloração, e são utilizados tanto em contexto agonístico quanto de corte (Hödl and Amezquita 2001; Souza 2019; Furtado et al. 2019). Assim, a sobreposição da coloração da comunidade e seu substrato com relação à coloração dorsal não significa que a coloração não seja usada pelas espécies durante o período reprodutivo, uma vez que é possível que outras estratégias sendo utilizadas por indivíduos machos para atrair a atenção de parceiras reprodutivas. A coloração vibrante pode estar restrita a uma parte do corpo, sendo revelada apenas durante a corte, para diminuir o risco de predação associado à conspicuidade (Hödl and Amezquita 2001). Por exemplo, a coloração do saco vocal pode ser usada em conjunto com a vocalização para facilitar a localização do macho, assim como a atração da fêmea durante o período reprodutivo (Rosenthal et al. 2004; Gomez et al. 2009; Hödl and Amezquita 2001). Além do saco vocal, a presença de manchas chamativas em regiões menos expostas também pode ser utilizada para atração das fêmeas (Gomez et al. 2009; Hödl and Amezquita 2001). É interessante que estudos futuros sobre a coloração de anfíbios anuros avaliem a efetividade e abrangência desse tipo de estratégia no grupo.

A ausência de dados nas regiões do espectro referentes ao infravermelho e ultravioleta (UV), devido a limitações do equipamento utilizado, pode omitir padrões na coloração que sejam limitados a esses comprimentos de onda. Por exemplo, lagartos machos da espécie *Ameivula ocellifera* (Spix, 1825) utilizam manchas de coloração UV como sinal visual para atrair as fêmeas da espécie no período reprodutivo (Lisboa et al. 2017). Machos de *Rana arvalis* (Nilsson, 1842) alteram sua coloração durante o período reprodutivo e passam a emitir em UV, o que também estaria relacionado à sinalização

visual com coespecíficos (Ries et al. 2008). Além disso, há relatos de refletância no espectro do infravermelho em espécies de anuros como estratégia de defesa contra predação de serpentes (Schwalm et al. 1977; Emerson et al. 1990). Porém, para que a emissão de sinais nesses comprimentos de onda seja efetiva, é necessário que os observadores sejam capazes de percebê-los (Hödl and Amezcuita 2001; Smith and Harper 1995). Sabe-se que algumas espécies de anuros são capazes de distinguir comprimentos de onda na faixa do UV (Govardovskiĭ and Zueva 1974; Ries et al. 2008). Além disso, predadores visualmente orientados, como as aves, também são capazes de detectar UV (Hart 2001), e outros predadores, como serpentes, são capazes de detectar comprimentos de onda na faixa do infravermelho (Goris 2011). Desta forma, estudos abordando a coloração das comunidades de anuros nas faixas de UV e infravermelho são recomendados para complementar os resultados obtidos neste trabalho.

Em resumo, as comunidades de anuros tendem a possuir uma coloração dorsal que se sobrepõe a de seu substrato, reforçando a prevalência de colorações dorsais crípticas no grupo. A diferença encontrada entre áreas próximas a zonas florestadas e áreas próximas de zonas abertas parece estar relacionada a propriedades luminosas específicas dos habitats, gerando uma convergência fenotípica na comunidade residente. Esses resultados sugerem que a alteração da estrutura luminosa do habitat, como o desmatamento, poderia afetar negativamente a comunidade de anuros locais, juntamente de outros fatores associados à modificação do habitat.

Referências

Abdelaziz, M., J. Lorite, A. Jesús Muñoz-Pajares, M. Belén Herrador, F. Perfectti, and J.M. Gómez. 2011. Using complementary techniques to distinguish cryptic species:

- A new *Erysimum* (Brassicaceae) species from North Africa. *Am. J. Bot.* 98:1049–1060. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1000438>
- Agoston, G.A. 1979. *Color Theory and Its Application in Art and Design*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Backes, A., F.L. Prates, and M.G. Viola. 2006. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 19:155–160. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-33062005000100015>
- Bates, D., M. Mächler, B. Bolker, and S. Walker. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Softw.* 67. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Berger, D., and K. Gotthard. 2008. Time stress, predation risk and diurnal-nocturnal foraging trade-offs in larval prey. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 62:1655–1663. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-008-0594-4>
- Boldrini, I.I., and L. Eggers. 1996. Vegetação campestre do sul do Brasil: dinâmica de espécies à exclusão do gado. *Acta Bot. Brasilica* 10:37–50. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-33061996000100004>
- Burt Jr., E.H. 1981. The Adaptiveness of Animal Colors. *Bioscience* 31:723–729. DOI: <https://doi.org/10.2307/1308778>
- Colombo, P., A. Kindel, G. Vinciprova, and L. Krause. 2008. Composição e ameaças à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva, município de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* 8:229–240. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1676-06032008000300020>
- Dalrymple, R.L., H. Flores-Moreno, D.J. Kemp, T.E. White, S.W. Laffan, F.A. Hemmings, T.D. Hitchcock, and A.T. Moles. 2018. Abiotic and biotic predictors of macroecological patterns in bird and butterfly coloration. *Ecol. Monogr.* 88:204–224. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecm.1287>
- Diamond, J., and A.B. Bond. 2013. *Concealing Coloration in Animals*. Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press, London. 288 pp.
- Doucet, S.M., and D.J. Mennill. 2010. Dynamic sexual dichromatism in an explosively breeding neotropical toad. *Biol. Lett.* 6:63–66. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0604>
- Dreher, C.E., A. Rodríguez, M.E. Cummings, and H. Pröhl. 2017. Mating status correlates with dorsal brightness in some but not all poison frog populations. *Ecol. Evol.* 7:10503–10512. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.3531>
- Emerson, S.B., T.A. Cooper, and J.R. Ehleringer. 1990. Convergence in Reflectance Spectra Among Treefrogs. *Funct. Ecol.* 4:47–51. DOI:

<https://doi.org/10.2307/2389651>

- Endler, J.A. 1978. A Predator's View of Animal Color Patterns. Pp. 319–364 in *Evolutionary Biology*. Springer US, Boston, MA.
- Endler, J.A. 1992. Signals, Signal Conditions, and the Direction of Evolution. *Am. Nat.* 139:S125–S153.
- Endler, J.A. 1993. THE COLOR OF LIGHT IN FORESTS AND ITS IMPLICATIONS. *Ecol. Monogr.* 63:1–27.
- Furtado, R., L.N. Lermen, R. Márquez, and S.M. Hartz. 2019. Neotropical dancing frog: the rich repertoire of visual displays in a hylodine species. *J. Ethol.* DOI: <https://doi.org/10.1007/s10164-019-00600-x>
- Gade, M.R., M. Hill, and R.A. Saporito. 2016. Color Assortative Mating in a Mainland Population of the Poison Frog *Oophaga pumilio*. *Ethology* 122:851–858. DOI: <https://doi.org/10.1111/eth.12533>
- Gomez, D., C. Richardson, T. Lengagne, S. Plenet, P. Joly, J.P. Léna, and M. Théry. 2009. The role of nocturnal vision in mate choice: Females prefer conspicuous males in the European tree frog (*Hyla arborea*). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 276:2351–2358. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0168>
- Gomez, D., and M. Théry. 2004. Influence of ambient light on the evolution of colour signals: Comparative analysis of a Neotropical rainforest bird community. *Ecol. Lett.* 7:279–284. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00584.x>
- Goris, R.C. 2011. Infrared Organs of Snakes: An Integral Part of Vision. *J. Herpetol.* 45:2–14. DOI: <https://doi.org/10.1670/10-238.1>
- Gottsberger, B., and E. Gruber. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. *J. Trop. Ecol.* 20:271–280. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467403001172>
- Govardovskii, V.I., and L. V. Zueva. 1974. Spectral sensitivity of the frog eye in the ultraviolet and visible region. *Vision Res.* 14:1317–1321. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(74\)90003-0](https://doi.org/10.1016/0042-6989(74)90003-0)
- Gumbert, A., J. Kunze, and L. Chittka. 1999. Floral colour diversity in plant communities, bee colour space and a null model. *Proc. R. Soc. London B Biol. Sci.* 1711–1716.
- Hart, N.S. 2001. The Visual Ecology of Avian Photoreceptors. *Prog. Retin. Eye Res.* 20:675–703.
- Hödl, W., and A. Amezcuita. 2001. Visual signaling in anuran amphibians. Pp. 121–

- 141 in Anuran communication (M.J. Ryan, ed.). Smithsonian Inst. Press, Washington.
- Kindermann, C., and J.M. Hero. 2016. Rapid dynamic colour change is an intrasexual signal in a lek breeding frog (*Litoria wilcoxii*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 70:1995–2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-016-2220-1>
- Kwet, A., and R. Márquez. 2010. Sound guide of the calls of frogs and toads from southern Brazil and Uruguay/Guia de cantos das rãs e sapos do sul do Brasil e Uruguai/Guía sonora de los sonidos de ranas y sapos del sur de Brasil y Uruguay. Fonoteca, Madrid, Spain. Double CD and booklet pp.
- Kwet, A., L. R., and D.-B. M. 2010. Pró-Mata: Anfíbios da Serra Gaúcha, sul do Brasil/Amphibien der Serra Gaúcha, Südbrasilien/Amphibians of the Serra Gaúcha, South of Brazil. EDIPUCRS, Porto Alegre. 148 pp.
- Lisboa, C.M.C.A., K. Bajer, D.M.A. Pessoa, M.A.A. Huber, and G.C. Costa. 2017. Female Brazilian whiptail lizards (*Cnemidophorus ocellifer*) prefer males with high ultraviolet ornament reflectance. *Behav. Processes* 142:33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.05.009>
- Maia, R., H. Gruson, J.A. Endler, and T.E. White. 2019. pavo 2: New tools for the spectral and spatial analysis of colour in R. *Methods Ecol. Evol.* 10. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13174>
- McGaugh, S.E. 2008. Color Variation among Habitat Types in the Spiny Softshell Turtles (*Trionychidae: Apalone*) of Cuatrociénegas, Coahuila, Mexico. *J. Herpetol.* 42:347–353. DOI: <https://doi.org/10.1670/07-176.1>
- Merilaita, S., and V. Jormalainen. 1999. Optimization of cryptic coloration in heterogeneous habitats. *67.* 151–161 pp.
- Merilaita, S., and M. Stevens. 2011. Crypsis through background matching. Pp. 17–33 in *Animal Camouflage: Mechanisms and Function*. Cambridge University Press.
- Morey, S.R. 1990. Microhabitat Selection and Predation in the Pacific Treefrog, *Pseudacris regilla*. *J. Herpetol.* 24:292–296. DOI: <https://doi.org/10.2307/1564396>
- Norris, K.S., and C.H. Lowe. 1964. An Analysis of Background Color-Matching in Amphibians and Reptiles. *Ecology* 45:565–580. DOI: <https://doi.org/10.2307/1936109>
- Pillar, V.D.P., S.C. Müller, Z.M. de S. Castilhos, and A.V.Á. Jacques. 2009. Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade. 2nd ed. (V.D.P. Pillar, S.C. Müller, Z.M. de S. Castilhos, and A.V.Á. Jacques, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 403 pp.

- Polo-Cavia, N., J.M. Oliveira, A.J.R. Villa, and R. Márquez. 2016. Background colour matching in a wild population of *Alytes obstetricans*. *Amphib. Reptil.* 37:253–260. DOI: <https://doi.org/10.1163/15685381-00003050>
- R Foundation for Statistical Computing. 2008. R: A language and environment for statistical computing. 2.
- Richards-Zawacki, C.L., I.J. Wang, and K. Summers. 2012. Mate choice and the genetic basis for colour variation in a polymorphic dart frog: Inferences from a wild pedigree. *Mol. Ecol.* 21:3879–3892. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05644.x>
- Ries, C., J. Spaethe, M. Sztatecsny, C. Strondl, and W. Hödl. 2008. Turning blue and ultraviolet: Sex-specific colour change during the mating season in the Balkan moor frog. *J. Zool.* 276:229–236. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00456.x>
- Rojas, B. 2017. Behavioural, ecological, and evolutionary aspects of diversity in frog colour patterns. *Biol. Rev.* 92:1059–1080. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12269>
- ROSENTHAL, G.G., A.S. RAND, and M.J. RYAN. 2004. The vocal sac as a visual cue in anuran communication : an experimental analysis using video playback. *Anim. Behav.* 68:55–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.07.013>
- Rudh, A., and A. Qvarnström. 2013. Adaptive colouration in amphibians. *Semin. Cell Dev. Biol.* 24:553–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2013.05.004>
- Ruxton, G.D., T.N. Sherratt, and M.P. Speed. 2004. *Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry*. Oxford University Press, Oxford, NY. 249 pp.
- Sandoval, T.D.R. 2015. USO DE ABRIGOS ARTIFICIAIS PARA O INVENTARIAMENTO E ESTUDOS DE AUTOECOLOGIA DE ANFÍBIOS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL AGRONÔMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, RS, BRASIL. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 27 pp.
- Schaefer, H.M., and G.D. Ruxton. 2015. Signal Diversity, Sexual Selection, and Speciation. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 46:573–592. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054158>
- Schwalm, P., P. Starrett, and R. McDiarmid. 1977. Infrared reflectance in leaf-sitting neotropical frogs. *Science (80-)*. 196:1225–1227. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.860137>
- Sheldon, B.C., H. Arponen, A. Laurila, P.A. Crochet, and J. Merilä. 2003. Sire

- coloration influences offspring survival under predation risk in the moorfrog. *J. Evol. Biol.* 16:1288–1295. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2003.00606.x>
- Signorelli, L., R.P. Bastos, P. De Marco Jr., and K.A. With. 2016. Landscape context affects site occupancy of pond-breeding anurans across a disturbance gradient in the Brazilian Cerrado. *Landsc. Ecol.* 31:1997–2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0376-8>
- Smith, J.M., and D.G.C. Harper. 1995. Animal Signals: Models and Terminology. *J. Theor. Biol.* 177:305–311.
- Souza, R.F. 2019. Aspectos eco-evolutivos da sinalização visual na comunicação intraespecífica de anfíbios anuros. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 208 pp.
- Stoner, C.J., O.R.P. Bininda-emonds, and T. Caro. 2003. The adaptive significance of coloration in lagomorphs. *Biol. J. Linn. Soc.* 79:309–328.
- Summers, K., R. Symula, M. Clough, and T. Cronin. 1999. Visual mate choice in poison frogs. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 266:2141–2145.
- Sunde, P., M.S. Bølstad, and K.B. Desfor. 2003. Diurnal exposure as a risk sensitive behaviour in tawny owls *Strix aluco*? *J. Avian Biol.* 34:409–418. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2003.03105.x>
- Théry, M. 2001. Forest light and its influence on habitat selection. *Plant Ecol.* 153:251–261.
- Toledo, L.F., and C.F.B. Haddad. 2009. Colors and Some Morphological Traits as Defensive Mechanisms in Anurans. *Int. J. Zool.* 2009:1–12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2009/910892>
- Toledo, L.F., R.S. Ribeiro, and C.F.B. Haddad. 2007. Anurans as prey: An exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *J. Zool.* 271:170–177. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00195.x>
- Townsend, D.S. 1989. The Consequences of Microhabitat Choice for Male Reproductive Success in a Tropical Frog (*Eleutherodactylus coqui*). 45. 451–458 pp.
- Vásquez, T., and K.S. Pfennig. 2007. Looking on the bright side: Females prefer coloration indicative of male size and condition in the sexually dichromatic spadefoot toad, *Scaphiopus couchii*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 62:127–135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-007-0446-7>
- Wells, K.D. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. *Anim. Behav.* 25:666–693. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(77\)90118-X](https://doi.org/10.1016/0003-3472(77)90118-X)

- Wente, W.H., and J.B. Phillips. 2005. Microhabitat selection by the Pacific treefrog, *Hyla regilla*. *Anim. Behav.* 70:279–287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.10.029>
- Wollenberg, K.C., F. Glaw, A. Meyer, and M. Vences. 2007. Molecular phylogeny of Malagasy reed frogs, *Heterixalus*, and the relative performance of bioacoustics and color-patterns for resolving their systematics. *Mol. Phylogenet. Evol.* 45:14–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.06.024>
- Yates, C.J., D.A. Norton, and R.J. Hobbs. 2000. Grazing effects on plant cover , soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia : implications for restoration. *Austral Ecol.* 25:36–47.
- Yovanovich, C.A.M., S.M. Koskela, N. Nevala, S.L. Kondrashev, A. Kelber, and K. Donner. 2017. The dual rod system of amphibians supports colour discrimination at the absolute visual threshold. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 372:20160066. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0066>

Material suplementar

Tabela MS1 –Resultados da seleção de modelos por *bootstrap* paramétrico. Spp_Amb é o argumento referente a diferença entre a coloração da comunidade e seu substrato, enquanto que Sample é referente a diferença entre sítios amostrais. Os modelos apenas com Sample foram selecionados em todas as variáveis resposta.

Variávelresposta	Modelo (H ₁)	ResultadosPBtest		
		H ₀	LR	P valor
Luminosidade	Spp_Amb* Sample	Spp_Amb + Sample	0.9999	1.0000
		Sample	1.0000	1.0000
	Spp_Amb + Sample	Spp_Amb	< 0.0001	0.0019
Saturação	Spp_Amb* Sample	Spp_Amb + Sample	1.0000	1.0000
		Sample	0.0724	0.1217
	Spp_Amb + Sample	Spp_Amb	< 0.0001	0.0019
Matiz	Spp_Amb* Sample	Spp_Amb + Sample	0.9739	0.9960
		Sample	0.0571	0.1457
	Spp_Amb + Sample	Spp_Amb	< 0.0001	0.0019

Tabela MS2 –Resultados da GLM para luminosidade.As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.

	Fatores	Estimado	Erro padrão	P valor	Variância Pseudo R²	
	(Intercept)	2.3167	0.1693	<0.0001		
	SampleACS	-0.2500	0.2163	0.2537		
	SampleAF	-0.9281	0.2242	0.0001		
	SampleCPC	-0.3064	0.2480	0.2253		
Fixed portion of the model	SampleCPG	1.0047	0.2611	0.0002	0.4046	
	SampleCPL	-0.1707	0.2369	0.4744		
	SampleCPP	0.1668	0.2713	0.5424		
	SampleDM	-0.5990	0.2223	0.0104		
	SampleDP	-0.1030	0.2244	0.6487		
	SampleAR	-0.5277	0.2505	0.0474		
Random portion of the model					0.0724	

Tabela MS3 –Resultados da GLM para saturação.As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.

	Fatores	Estimado	Erro padrão	P valor	Variância Pseudo R²	
	(Intercept)	0.1299	0.0881	0.1471		
	SampleACS	0.1220	0.1126	0.2845		
	SampleAF	0.7512	0.1170	<0.0001		
	SampleCPC	0.2846	0.1272	0.0319		
Fixed portion of the model	SampleCPG	-0.1124	0.1377	0.4174	0.6340	
	SampleCPL	0.0396	0.1240	0.7504		
	SampleCPP	0.2332	0.1403	0.1041		
	SampleDM	0.4807	0.1145	0.0001		
	SampleDP	0.0322	0.1160	0.7825		
	SampleAR	1.1701	0.1257	<0.0001		
Random portion of the model						0.0231

Tabela MS4 –Resultados da GLM para matiz.As significâncias foram obtidas através do método de Satterthwaite.

	Fatores	Estimado	Erro padrão	P valor	Variância Pseudo R²	
	(Intercept)	676.293	21.140	<0.0001		
	SampleACS	-19.320	26.764	0.4732		
	SampleAF	-74.538	27.713	0.0093		
	SampleCPC	-21.796	31.614	0.4950		
Fixed portion of the model	SampleCPG	-4.383	31.876	0.8910	0.6213	
	SampleCPL	-17.317	29.281	0.5566		
	SampleCPP	-18.294	34.344	0.5974		
	SampleDM	-103.806	27.889	0.0005		
	SampleDP	-11.858	28.067	0.6745		
	SampleAR	-276.293	33.236	<0.0001		
Random portion of the model						0.0854

Tabela MS5 - Distâncias euclidianas calculadas entre as diferentes comunidades e ambientes utilizando o modelo visual de uma ave média (predador), além da significância obtida através do modelo nulo. Foram considerados visualmente distintos pontos com distâncias maiores do que 0.15.

Grupo 1	Grupo 2	Distância euclidiana	P valor	Grupo 1	Grupo 2	Distância euclidiana	P valor
Spp1	Amb1	0.0158158	n. sig.	Amb1	Amb9	0.2192521	p<0.05
Spp1	Spp2	0.1646684	p<0.05	Amb1	Spp10	0.199427	p<0.05
Spp1	Amb2	0.1999519	p<0.05	Amb1	Amb10	0.1891699	p<0.05
Spp1	Spp3	0.165244	p<0.05	Spp2	Amb2	0.0463174	n. sig.
Spp1	Amb3	0.1603294	p<0.05	Spp2	Spp3	0.0218711	n. sig.
Spp1	Spp4	0.1972161	p<0.05	Spp2	Amb3	0.0164452	n. sig.
Spp1	Amb4	0.1555032	n. sig.	Spp2	Spp4	0.0459408	n. sig.
Spp1	Spp5	0.2375219	p<0.05	Spp2	Amb4	0.0490709	n. sig.
Spp1	Amb5	0.1991476	p<0.05	Spp2	Spp5	0.0741463	n. sig.
Spp1	Spp6	0.2031888	p<0.05	Spp2	Amb5	0.0371939	n. sig.
Spp1	Amb6	0.2117392	p<0.05	Spp2	Spp6	0.0435412	n. sig.
Spp1	Spp7	0.4578262	p<0.05	Spp2	Amb6	0.0552114	n. sig.
Spp1	Amb7	0.4637157	p<0.05	Spp2	Spp7	0.2932727	p<0.05
Spp1	Spp8	0.1943382	p<0.05	Spp2	Amb7	0.2990861	p<0.05
Spp1	Amb8	0.1420276	n. sig.	Spp2	Spp8	0.0382755	n. sig.
Spp1	Spp9	0.2175565	p<0.05	Spp2	Amb8	0.0303834	n. sig.
Spp1	Amb9	0.2171815	p<0.05	Spp2	Spp9	0.0531377	n. sig.
Spp1	Spp10	0.1962682	p<0.05	Spp2	Amb9	0.0562294	n. sig.
Spp1	Amb10	0.1853808	p<0.05	Spp2	Spp10	0.0328499	n. sig.
Amb1	Spp2	0.1682899	n. sig.	Spp2	Amb10	0.0221493	n. sig.
Amb1	Amb2	0.2053503	p<0.05	Amb2	Spp3	0.0632235	n. sig.
Amb1	Spp3	0.1679278	p<0.05	Amb2	Amb3	0.0435243	n. sig.
Amb1	Amb3	0.1643813	p<0.05	Amb2	Spp4	0.0637519	n. sig.
Amb1	Spp4	0.2002781	p<0.05	Amb2	Amb4	0.092234	n. sig.
Amb1	Amb4	0.1565902	p<0.05	Amb2	Spp5	0.0509264	n. sig.
Amb1	Spp5	0.2418195	p<0.05	Amb2	Amb5	0.0424665	n. sig.
Amb1	Amb5	0.2028593	p<0.05	Amb2	Spp6	0.0120309	n. sig.
Amb1	Spp6	0.2080972	p<0.05	Amb2	Amb6	0.0124837	n. sig.
Amb1	Amb6	0.216821	p<0.05	Amb2	Spp7	0.2614212	p<0.05
Amb1	Spp7	0.4614487	p<0.05	Amb2	Amb7	0.2680399	p<0.05
Amb1	Amb7	0.4671321	p<0.05	Amb2	Spp8	0.0082409	p<0.05
Amb1	Spp8	0.1993747	p<0.05	Amb2	Amb8	0.0618351	n. sig.
Amb1	Amb8	0.1457713	n. sig.	Amb2	Spp9	0.0396299	n. sig.
Amb1	Spp9	0.221234	p<0.05	Amb2	Amb9	0.0589853	n. sig.

Amb2	Spp10	0.0421167	n. sig.	Amb4	Spp5	0.1012595	n. sig.
Amb2	Amb10	0.0286638	n. sig.	Amb4	Amb5	0.0621063	n. sig.
Spp3	Amb3	0.0375828	n. sig.	Amb4	Spp6	0.0859457	n. sig.
Spp3	Spp4	0.0342863	n. sig.	Amb4	Amb6	0.0992678	n. sig.
Spp3	Amb4	0.0290423	n. sig.	Amb4	Spp7	0.3141424	p<0.05
Spp3	Spp5	0.0776735	n. sig.	Amb4	Amb7	0.3189811	p<0.05
Spp3	Amb5	0.0372922	n. sig.	Amb4	Spp8	0.084289	n. sig.
Spp3	Spp6	0.0572458	n. sig.	Amb4	Amb8	0.0635617	n. sig.
Spp3	Amb6	0.0704387	n. sig.	Amb4	Spp9	0.0819833	n. sig.
Spp3	Spp7	0.2954869	p<0.05	Amb4	Amb9	0.0727197	n. sig.
Spp3	Amb7	0.3008483	p<0.05	Amb4	Spp10	0.0600099	n. sig.
Spp3	Spp8	0.0552523	n. sig.	Amb4	Amb10	0.0657355	n. sig.
Spp3	Amb8	0.0458089	n. sig.	Spp5	Amb5	0.0404393	n. sig.
Spp3	Spp9	0.0571521	n. sig.	Spp5	Spp6	0.0409619	n. sig.
Spp3	Amb9	0.0534512	n. sig.	Spp5	Amb6	0.043311	n. sig.
Spp3	Spp10	0.0344125	n. sig.	Spp5	Spp7	0.2209017	p<0.05
Spp3	Amb10	0.0369742	n. sig.	Spp5	Amb7	0.2268773	p<0.05
Amb3	Spp4	0.0614312	n. sig.	Spp5	Spp8	0.051782	n. sig.
Amb3	Amb4	0.0625014	n. sig.	Spp5	Amb8	0.1009792	n. sig.
Amb3	Spp5	0.0815189	n. sig.	Spp5	Spp9	0.0225679	n. sig.
Amb3	Amb5	0.0492416	n. sig.	Spp5	Amb9	0.0395196	n. sig.
Amb3	Spp6	0.0449647	n. sig.	Spp5	Spp10	0.0448743	n. sig.
Amb3	Amb6	0.0535998	n. sig.	Spp5	Amb10	0.0554407	n. sig.
Amb3	Spp7	0.298519	p<0.05	Amb5	Spp6	0.0315763	n. sig.
Amb3	Amb7	0.3045971	p<0.05	Amb5	Amb6	0.0444809	n. sig.
Amb3	Spp8	0.0364387	n. sig.	Amb5	Spp7	0.2597913	p<0.05
Amb3	Amb8	0.0196098	n. sig.	Amb5	Amb7	0.2654304	p<0.05
Amb3	Spp9	0.0612494	n. sig.	Amb5	Spp8	0.036895	n. sig.
Amb3	Amb9	0.0671335	n. sig.	Amb5	Amb8	0.0669992	n. sig.
Amb3	Spp10	0.0443959	n. sig.	Amb5	Spp9	0.0214602	n. sig.
Amb3	Amb10	0.0266665	n. sig.	Amb5	Amb9	0.0282868	n. sig.
Spp4	Amb4	0.0498338	n. sig.	Amb5	Spp10	0.0099945	p<0.05
Spp4	Spp5	0.0537496	n. sig.	Amb5	Amb10	0.0264343	n. sig.
Spp4	Amb5	0.0219314	n. sig.	Spp6	Amb6	0.0140463	n. sig.
Spp4	Spp6	0.0532722	n. sig.	Spp6	Spp7	0.2559664	p<0.05
Spp4	Amb6	0.0663325	n. sig.	Spp6	Amb7	0.2623471	p<0.05
Spp4	Spp7	0.2667146	p<0.05	Spp6	Spp8	0.0108429	p<0.05
Spp4	Amb7	0.2718736	p<0.05	Spp6	Amb8	0.0643799	n. sig.
Spp4	Spp8	0.0578126	n. sig.	Spp6	Spp9	0.027825	n. sig.
Spp4	Amb8	0.0758446	n. sig.	Spp6	Amb9	0.0476694	n. sig.
Spp4	Spp9	0.0390149	n. sig.	Spp6	Spp10	0.0318375	n. sig.
Spp4	Amb9	0.0343627	n. sig.	Spp6	Amb10	0.0236127	n. sig.
Spp4	Spp10	0.0263155	n. sig.	Amb6	Spp7	0.2495637	p<0.05
Spp4	Amb10	0.0443763	n. sig.	Amb6	Amb7	0.2561799	p<0.05

Amb6	Spp8	0.0179762	n. sig.	Amb7	Spp10	0.2679694	p<0.05
Amb6	Amb8	0.0722059	n. sig.	Amb7	Amb10	0.2786782	p<0.05
Amb6	Spp9	0.0353074	n. sig.	Spp8	Amb8	0.0553385	n. sig.
Amb6	Amb9	0.0557861	n. sig.	Spp8	Spp9	0.0371897	n. sig.
Amb6	Spp10	0.0440764	n. sig.	Spp8	Amb9	0.0544328	n. sig.
Amb6	Amb10	0.0348093	n. sig.	Spp8	Spp10	0.0356455	n. sig.
Spp7	Amb7	0.0091913	p<0.05	Spp8	Amb10	0.0205914	n. sig.
Spp7	Spp8	0.2656173	p<0.05	Amb8	Spp9	0.0803286	n. sig.
Spp7	Amb8	0.3176117	p<0.05	Amb8	Amb9	0.0837971	n. sig.
Spp7	Spp9	0.2404456	p<0.05	Amb8	Spp10	0.0618965	n. sig.
Spp7	Amb9	0.2442867	p<0.05	Amb8	Amb10	0.0458394	n. sig.
Spp7	Spp10	0.2624063	p<0.05	Spp9	Amb9	0.0238747	n. sig.
Spp7	Amb10	0.2727152	p<0.05	Spp9	Spp10	0.0231059	n. sig.
Amb7	Spp8	0.2720636	p<0.05	Spp9	Amb10	0.0346859	n. sig.
Amb7	Amb8	0.3236465	p<0.05	Amb9	Spp10	0.0251603	n. sig.
Amb7	Spp9	0.2462214	p<0.05	Amb9	Amb10	0.0431251	n. sig.
Amb7	Amb9	0.2493629	p<0.05	Spp10	Amb10	0.0210923	n. sig.

Tabela MS6 - Distâncias euclidianas calculadas entre as diferentes comunidades e ambientes utilizando o modelo visual de um anuro médio (coespecífico), além da significância obtida através do modelo nulo. Foram considerados visualmente distintos pontos com distâncias maiores do que 0.15.

Grupo 1	Grupo 2	Distância Euclidiana	P valor	Grupo 1	Grupo 2	Distância Euclidiana	P valor
Spp1	Amb1	0.02878	n. sig.	Spp1	Amb8	0.0727686	n. sig.
Spp1	Spp2	0.105738	n. sig.	Spp1	Spp9	0.1601165	p<0.05
Spp1	Amb2	0.1572207	p<0.05	Spp1	Amb9	0.1360654	p<0.05
Spp1	Spp3	0.112562	p<0.05	Spp1	Spp10	0.1302031	p<0.05
Spp1	Amb3	0.1004297	n. sig.	Spp1	Amb10	0.1265476	n. sig.
Spp1	Spp4	0.1673432	p<0.05	Amb1	Spp2	0.1345179	n. sig.
Spp1	Amb4	0.0980046	n. sig.	Amb1	Amb2	0.1860007	p<0.05
Spp1	Spp5	0.203899	p<0.05	Amb1	Spp3	0.141342	p<0.05
Spp1	Amb5	0.1597399	p<0.05	Amb1	Amb3	0.1292097	p<0.05
Spp1	Spp6	0.1599746	p<0.05	Amb1	Spp4	0.1961232	p<0.05
Spp1	Amb6	0.1592518	n. sig.	Amb1	Amb4	0.1267846	p<0.05
Spp1	Spp7	0.3240562	p<0.05	Amb1	Spp5	0.2326789	p<0.05
Spp1	Amb7	0.3205013	p<0.05	Amb1	Amb5	0.1885199	p<0.05
Spp1	Spp8	0.1452352	p<0.05	Amb1	Spp6	0.1887546	p<0.05

Amb1	Amb6	0.1880318	p<0.05	Spp3	Amb4	0.0145574	n. sig.
Amb1	Spp7	0.3528361	p<0.05	Spp3	Spp5	0.0913369	n. sig.
Amb1	Amb7	0.3492813	p<0.05	Spp3	Amb5	0.0471779	n. sig.
Amb1	Spp8	0.1740151	p<0.05	Spp3	Spp6	0.0474126	n. sig.
Amb1	Amb8	0.1015486	n. sig.	Spp3	Amb6	0.0466898	n. sig.
Amb1	Spp9	0.1888964	p<0.05	Spp3	Spp7	0.2114941	p<0.05
Amb1	Amb9	0.1648454	p<0.05	Spp3	Amb7	0.2079393	p<0.05
Amb1	Spp10	0.1589831	p<0.05	Spp3	Spp8	0.0326732	n. sig.
Amb1	Amb10	0.1553276	p<0.05	Spp3	Amb8	0.0397934	n. sig.
Spp2	Amb2	0.0514827	n. sig.	Spp3	Spp9	0.0475545	n. sig.
Spp2	Spp3	0.006824	n. sig.	Spp3	Amb9	0.0235034	n. sig.
Spp2	Amb3	0.0053083	n. sig.	Spp3	Spp10	0.0176411	n. sig.
Spp2	Spp4	0.0616053	n. sig.	Spp3	Amb10	0.0139856	n. sig.
Spp2	Amb4	0.0077333	n. sig.	Amb3	Spp4	0.0669136	n. sig.
Spp2	Spp5	0.098161	n. sig.	Amb3	Amb4	0.002425	n. sig.
Spp2	Amb5	0.0540019	n. sig.	Amb3	Spp5	0.1034693	n. sig.
Spp2	Spp6	0.0542367	n. sig.	Amb3	Amb5	0.0593102	n. sig.
Spp2	Amb6	0.0535138	n. sig.	Amb3	Spp6	0.059545	n. sig.
Spp2	Spp7	0.2183182	p<0.05	Amb3	Amb6	0.0588221	n. sig.
Spp2	Amb7	0.2147633	p<0.05	Amb3	Spp7	0.2236265	p<0.05
Spp2	Spp8	0.0394972	n. sig.	Amb3	Amb7	0.2200716	p<0.05
Spp2	Amb8	0.0329694	n. sig.	Amb3	Spp8	0.0448055	n. sig.
Spp2	Spp9	0.0543785	n. sig.	Amb3	Amb8	0.0276611	n. sig.
Spp2	Amb9	0.0303274	n. sig.	Amb3	Spp9	0.0596868	n. sig.
Spp2	Spp10	0.0244651	n. sig.	Amb3	Amb9	0.0356357	n. sig.
Spp2	Amb10	0.0208097	n. sig.	Amb3	Spp10	0.0297734	n. sig.
Amb2	Spp3	0.0446587	n. sig.	Amb3	Amb10	0.026118	n. sig.
Amb2	Amb3	0.056791	n. sig.	Spp4	Amb4	0.0693386	n. sig.
Amb2	Spp4	0.0101226	n. sig.	Spp4	Spp5	0.0365557	n. sig.
Amb2	Amb4	0.059216	n. sig.	Spp4	Amb5	0.0076033	n. sig.
Amb2	Spp5	0.0466783	n. sig.	Spp4	Spp6	0.0073686	n. sig.
Amb2	Amb5	0.0025192	n. sig.	Spp4	Amb6	0.0080914	n. sig.
Amb2	Spp6	0.002754	n. sig.	Spp4	Spp7	0.1567129	p<0.05
Amb2	Amb6	0.0020311	p<0.05	Spp4	Amb7	0.1531581	p<0.05
Amb2	Spp7	0.1668355	p<0.05	Spp4	Spp8	0.0221081	n. sig.
Amb2	Amb7	0.1632806	p<0.05	Spp4	Amb8	0.0945746	n. sig.
Amb2	Spp8	0.0119855	n. sig.	Spp4	Spp9	0.0072268	n. sig.
Amb2	Amb8	0.0844521	n. sig.	Spp4	Amb9	0.0312778	n. sig.
Amb2	Spp9	0.0028958	n. sig.	Spp4	Spp10	0.0371401	n. sig.
Amb2	Amb9	0.0211553	n. sig.	Spp4	Amb10	0.0407956	n. sig.
Amb2	Spp10	0.0270176	n. sig.	Amb4	Spp5	0.1058943	n. sig.
Amb2	Amb10	0.030673	n. sig.	Amb4	Amb5	0.0617353	n. sig.
Spp3	Amb3	0.0121323	n. sig.	Amb4	Spp6	0.06197	n. sig.
Spp3	Spp4	0.0547812	n. sig.	Amb4	Amb6	0.0612472	n. sig.

Amb4	Spp7	0.2260515	p<0.05	Spp6	Amb10	0.033427	n. sig.
Amb4	Amb7	0.2224967	p<0.05	Amb6	Spp7	0.1648043	p<0.05
Amb4	Spp8	0.0472305	n. sig.	Amb6	Amb7	0.1612495	p<0.05
Amb4	Amb8	0.0252361	n. sig.	Amb6	Spp8	0.0140166	n. sig.
Amb4	Spp9	0.0621118	n. sig.	Amb6	Amb8	0.0864832	n. sig.
Amb4	Amb9	0.0380608	n. sig.	Amb6	Spp9	0.0008647	p<0.05
Amb4	Spp10	0.0321984	n. sig.	Amb6	Amb9	0.0231864	n. sig.
Amb4	Amb10	0.028543	n. sig.	Amb6	Spp10	0.0290487	n. sig.
Spp5	Amb5	0.044159	n. sig.	Amb6	Amb10	0.0327042	n. sig.
Spp5	Spp6	0.0439243	n. sig.	Spp7	Amb7	0.0035548	n. sig.
Spp5	Amb6	0.0446471	n. sig.	Spp7	Spp8	0.178821	p<0.05
Spp5	Spp7	0.1201572	n. sig.	Spp7	Amb8	0.2512876	p<0.05
Spp5	Amb7	0.1166024	n. sig.	Spp7	Spp9	0.1639397	p<0.05
Spp5	Spp8	0.0586638	n. sig.	Spp7	Amb9	0.1879907	p<0.05
Spp5	Amb8	0.1311304	n. sig.	Spp7	Spp10	0.1938531	p<0.05
Spp5	Spp9	0.0437825	n. sig.	Spp7	Amb10	0.1975085	p<0.05
Spp5	Amb9	0.0678335	n. sig.	Amb7	Spp8	0.1752661	p<0.05
Spp5	Spp10	0.0736959	n. sig.	Amb7	Amb8	0.2477327	p<0.05
Spp5	Amb10	0.0773513	n. sig.	Amb7	Spp9	0.1603848	p<0.05
Amb5	Spp6	0.0002347	p<0.05	Amb7	Amb9	0.1844359	p<0.05
Amb5	Amb6	0.0004881	p<0.05	Amb7	Spp10	0.1902982	p<0.05
Amb5	Spp7	0.1643162	p<0.05	Amb7	Amb10	0.1939537	p<0.05
Amb5	Amb7	0.1607614	p<0.05	Spp8	Amb8	0.0724666	n. sig.
Amb5	Spp8	0.0145047	n. sig.	Spp8	Spp9	0.0148813	n. sig.
Amb5	Amb8	0.0869713	n. sig.	Spp8	Amb9	0.0091698	n. sig.
Amb5	Spp9	0.0003766	p<0.05	Spp8	Spp10	0.0150321	n. sig.
Amb5	Amb9	0.0236745	n. sig.	Spp8	Amb10	0.0186875	n. sig.
Amb5	Spp10	0.0295368	n. sig.	Amb8	Spp9	0.0873479	n. sig.
Amb5	Amb10	0.0331923	n. sig.	Amb8	Amb9	0.0632968	n. sig.
Spp6	Amb6	0.0007228	p<0.05	Amb8	Spp10	0.0574345	n. sig.
Spp6	Spp7	0.1640815	p<0.05	Amb8	Amb10	0.0537791	n. sig.
Spp6	Amb7	0.1605267	p<0.05	Spp9	Amb9	0.0240511	n. sig.
Spp6	Spp8	0.0147395	n. sig.	Spp9	Spp10	0.0299134	n. sig.
Spp6	Amb8	0.087206	n. sig.	Spp9	Amb10	0.0335688	n. sig.
Spp6	Spp9	0.0001418	p<0.05	Amb9	Spp10	0.0058623	n. sig.
Spp6	Amb9	0.0239092	n. sig.	Amb9	Amb10	0.0095178	n. sig.
Spp6	Spp10	0.0297715	n. sig.	Spp10	Amb10	0.0036555	n. sig.

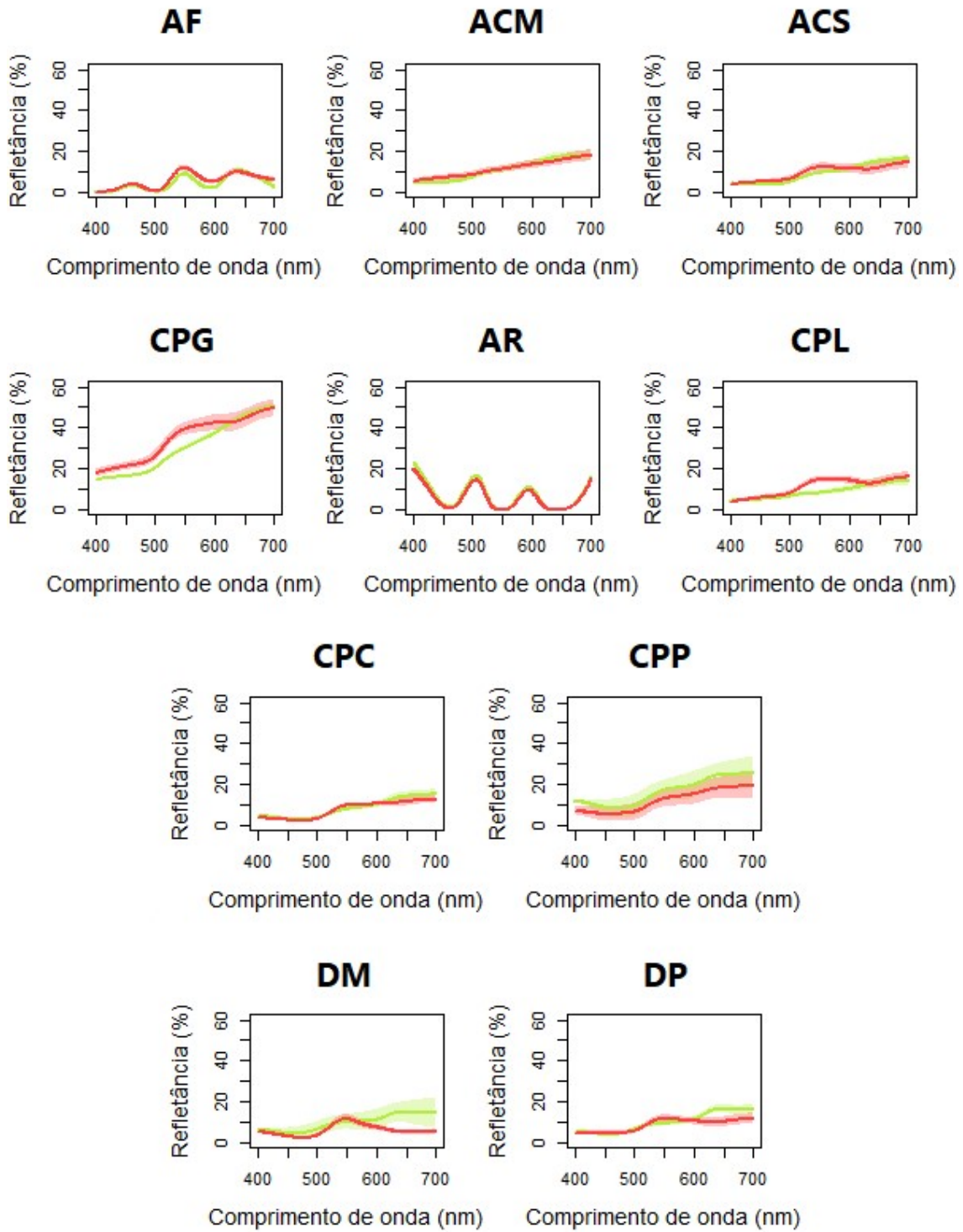


Figura MS1 - Curva de refletância média de cada área amostral dividida entre substrato (vermelho) e espécies (verde). É possível perceber a sobreposição entre as curvas de espécies e substrato, assim como algumas diferenças entre as áreas.