



**Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPP**  
**Programa de Pós-Graduação em**  
**Sistemas Aquáticos Tropicais - PPGSAT**



**Odonata como indicador de mudanças de usos da terra em uma região da  
Mata Atlântica**

**Ilhéus**  
**2021**

**Laís Rodrigues Santos**

**Odonata como indicador de mudanças de usos da terra em uma região da  
Mata Atlântica**

Orientador: Dr. Marciel Elio Rodrigues

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais, pelo Programa de Pós Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz.

**Ilhéus**

**2021**

S237 Santos, Laís Rodrigues.  
Odonata como indicador de mudanças de usos da terra  
em uma região da Mata Atlântica / Laís Rodrigues Santos.  
– Ilhéus, BA: UESC, 2021.  
78 f. : il.

Orientador: Marciel Elio Rodrigues.  
Dissertação (mestrado) –Universidade Estadual de  
Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Sistemas  
Aquáticos Tropicais.  
Inclui referências.

1. Cacau. 2. Mata Atlântica. 3. Ecossistemas aquáticos.  
4. Espécies. 5. Biodiversidade. I. Título.

CDD 633.74

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus, por me conduzir e permitir chegar até aqui, por ser meu alicerce, minha força. Aos meus pais, Sueli Rodrigues e Eduardo Roque Santos por todo apoio e amor incondicional. A minha madrasta Gislaine Santos e Tio Cezar Rodrigues pela amizade e ajuda, permitindo as minhas vindas para o laboratório à noite e aos finais de semanas, e minha irmã Maria Eduarda pelas alegrias.

Aos meus avós paternos (Clélia e Etevaldo) e maternos (Nilza e William), pelo suporte, carinho e amor dedicados nesses anos. A minha prima querida Larissa pelo companheirismo de sempre e ao meu amigo Romário que foi a luz indicadora para esse programa.

Ao meu orientador querido e parceiro, professor Marciel Elio Rodrigues, por toda ajuda, dedicação, ensinamento, acolhimento e paciência. Por de fato fazer jus ao nome de Orientador, aquele que direciona, guia o aluno, divide experiências. Você fez e faz toda diferença nesse meu processo. Agradecida de coração!!

Ao professor Rodolfo Mariano pelos ensinamentos e apoio no Laboratório de Organismos Aquáticos – LOA e aos meus amigos Cintia, Karolina, Brunna, Acácio, Saulo, Felipe, Jennifer, Cauê, Aiala e André que tanto contribuíram e ajudaram no meu dia a dia, no laboratório e nos campos. Porque eu sigo dizendo que ciência a gente não faz sozinho. Obrigada a cada um.

Agradeço aos professores que compõem o Programa de Sistemas Aquáticos Tropicais – PPGSAT, ao programa e a Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC pela estrutura e suporte para a realização da pesquisa. Aos parceiros RPPN Veracel e a Cooperativa Cabruca pelo pronto atendimento e contribuição para o desenvolvimento da pesquisa. E a FAPESB pela bolsa, que mesmo na contramão dos cortes e falta de incentivo à ciência vivida no país, continua a amparar jovens pesquisadores.

**Eternamente grata.**

## Mensagem

“Até aqui me sustentou o Senhor.”  
1 Samuel 7:12

## **Resumo**

A conversão, perda e fragmentação de habitats provocados pela modificação dos diferentes usos da terra, têm levado ao declínio da biodiversidade e a transformação dos ecossistemas aquáticos, tornando esses sistemas na maioria das vezes insustentáveis para a manutenção e conservação da biodiversidade. Especialmente em áreas de florestas tropicais, como o domínio da Mata Atlântica, regiões responsáveis por salvaguardarem uma grande biodiversidade de espécies endêmicas, esse cenário se torna ainda mais alarmante. Dentro desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos das mudanças do uso da terra em áreas de pastagem e cultivo de cacau sobre as assembleias de Odonata quando comparado com as áreas nativas, apontar espécies que podem ser indicadoras dos diferentes usos (áreas de pastagens, áreas nativas e áreas de cabruca) e avaliar o efeito das variáveis ambientais locais e espaciais na estruturação das assembleias de Odonata em áreas de cultivo de cacau. O estudo foi desenvolvido em uma região de Mata Atlântica no sul do estado da Bahia. Esse trabalho de dissertação está dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo tem como título: “Alterações entre diferentes usos da terra modifica a composição das assembleias de Odonata em áreas de Mata Atlântica”. Nele foi avaliado o efeito das modificações de usos da terra para áreas de pastagem e cabruca sobre a riqueza e composição das assembleias de Odonata e quais dessas espécies poderiam ser consideradas como indicadoras desses diferentes usos da terra. O capítulo 2 tem como título “Influência das variáveis ambientais e espacial sobre a diversidade de Odonata em áreas de Cacau-cabruca”. Nele foi avaliado o papel das variáveis ambientais locais e espacial nas áreas de cultivo de Cacau na estruturação das comunidades de Odonata. Para a realização desses estudos foram amostrados 64 córregos, sendo 24 em áreas nativas, 23 em áreas de cabruca e 17 em áreas pastagem. Foram feitas duas campanhas de amostragem em cada córrego amostrado, entre os anos 2018, 2019 e 2020, em 7 municípios localizados na região sul da Bahia. Os principais resultados têm enfatizado que a composição é um bom *surrogate* de diversidade para avaliar o efeito dos diferentes usos da terra sobre as assembleias de Odonata, que grupos de espécies que são consideradas como especialistas de áreas abertas e especialistas de florestas são excelentes bioindicadores dos diferentes usos da terra. E também que as variáveis ambientais locais e espaciais têm um papel importante na estruturação das comunidades de Odonata nas áreas de cultivo de Cacau. Por fim, os resultados enfatizam que as áreas consideradas com maior integridade ambiental podem ajudar a manter espécies mais sensíveis as modificações dos ambientes naturais, como por exemplo espécies consideradas especialistas de floresta.

## Sumário

1. Introdução Geral .....	8
2. Referências.....	12
Capítulo 1 .....	17
1. Introdução.....	18
2. Material e Métodos.....	20
2.1. Área de Estudo .....	20
2.2. Método de coleta .....	23
2.3. Análise dos dados.....	23
3. Resultados.....	24
4. Discussão.....	29
5. Referências.....	33
Capítulo 2 .....	45
1. Introdução.....	46
2. Material e Métodos.....	48
2.1. Área de Estudo .....	48
2.2. Coleta de Espécimes .....	50
2.3. Dados Ambientais.....	51
2.4. Dados Espaciais .....	53
2.5. Análise dos dados.....	53
3. Resultados.....	54
4. Discussão.....	62
5. Referências.....	65
3. Considerações Finais .....	78

## 1. Introdução Geral

Avaliações globais apontam um declínio crescente da biodiversidade em função do crescimento dos impactos antrópicos (Barlow *et al.*, 2016; Barlow *et al.*, 2018). Estes impactos estão intimamente associados ao crescimento da população humana e o seu modo de consumo, que geram fortes pressões sobre os recursos naturais (Dobrovolski *et al.*, 2011; Laurence *et al.*, 2014; Newbold *et al.*, 2015; Mello *et al.*, 2020). Estudos mostram que até o final desse século seremos mais de 11 bilhões de pessoas e que esse aumento estará concentrado principalmente nas zonas tropicais, detentoras da maior biodiversidade do planeta (Gibson *et al.*, 2011; Laurence *et al.*, 2014; Tilman *et al.*, 2017, Barlow *et al.*, 2018).

Entre as principais causas do declínio da biodiversidade em decorrência das atividades humanas estão a conversão, perda e fragmentação de habitats, poluição, as mudanças climáticas e a superexploração dos recursos naturais (Tilman *et al.*, 2001; Mello *et al.*, 2020). A conversão e degradação de habitats, provocados pela modificação da cobertura e uso da terra, têm sido consideradas como as principais causas da diminuição da biodiversidade em ecossistemas terrestres e aquáticos (Sala *et al.*, 2000; Foley *et al.*, 2005, Laurence *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2009; Gibson *et al.*, 2011; Tilman *et al.*, 2017; Barlow *et al.*, 2018).

A conversão das paisagens naturais para diferentes usos da terra tem influência direta sobre ecossistemas aquáticos (Leal *et al.*, 2020; Melo *et al.*, 2020). Visto que toda transformação que ocorre ao redor do corpo d'água ou nas áreas próximas as bacias hidrográficas podem ser sentidas nesses ambientes (Villalobos-Jimenez *et al.*, 2016; Mello *et al.*, 2018; Thomas *et al.*, 2020; Palacino-Rodriguez *et al.*, 2020). Com a retirada e modificação da vegetação nativa, os resíduos sólidos, químicos e orgânicos são mais facilmente transportados para rios e córregos afetando toda a biota aquática (Malmqvist & Rundle, 2002). Conseqüentemente, esses impactos causam mudanças físicas e físico-químicas como assoreamento dos corpos d'água, mudanças no fluxo (lótico para léntico), diminuição do oxigênio dissolvido, aumento de nutrientes na água (Allan, 2004; Molina *et al.*, 2017; Mello *et al.*, 2018), o que afeta severamente os domínios fitofisionômicos, principalmente no Brasil (Melo *et al.*, 2020).

O domínio Mata Atlântica por exemplo, tem uma ampla distribuição no território brasileiro, distribuído por 17 estados brasileiros. No entanto, é um exemplo de floresta tropical que sofreu durante séculos e ainda sofre, com a exploração das suas áreas nativas (MMA, 2015; Almeida, 2016; SOS Mata Atlântica, 2019). Atualmente, possui apenas 13,4

milhões de hectares de floresta nativa, 12,4% da sua cobertura original, sendo que as áreas bem conservadas são menos que 8% do total segundo dados do Ministério do Meio ambiente (2015) e SOS Mata Atlântica (2019). É considerado um dos “hotspot” do mundo por ser uma região ameaçada e possuir uma grande biodiversidade, com muitas espécies de fauna e flora endêmicas (Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2018).

As mudanças nas áreas de Mata Atlântica se deram pela exploração intensa e desordenada da extração da madeira, áreas para agricultura como plantações de cana de açúcar e café, áreas de pastagem, crescimento das zonas urbanas e industriais (Almeida, 2016). Atualmente, segundo dados fornecidos pelo Mapbiomas (2019), a distribuição da área de cobertura do solo e uso da terra está divididos em cinco principais classes: florestas (correspondendo a 33,78% do domínio), formação natural não florestal (1,48%), agropecuária (60,86%), área não vegetada (2%) e corpos d’água (1,88%). Sendo o maior dentre eles, a agropecuária que contempla agricultura com lavouras temporárias e perenes, ou seja, dominados por um mosaico de agricultura e pastagem.

No estado da Bahia, mais especificamente a região sul, parte dessa floresta deu lugar a plantações de cacau (*Theobroma cacao*), denominada regionalmente pelo tipo de cultivo como “cabruca” ou Cacau-cabruca (Lobão *et al.*, 1997; Guimarães *et al.*, 2017). Esse tipo de plantio constitui-se no cultivo do cacau sob a sombra do dossel de árvores pioneiras (floresta original), com a retirada do sub-bosque (Lobão *et al.*, 1997; Piasentin & Gois 2016; Guimarães *et al.*, 2017). Esse sistema isenta a retirada total da mata nativa, representando uma opção de exploração sustentável dessas áreas, favorecendo a conservação da biodiversidade e paisagem natural da Mata Atlântica (Piasentin & Gois 2016; Rolim *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços sobre os estudos dos impactos das mudanças da cobertura e uso da terra ao longo dos anos, ainda existem lacunas que necessitam de mais atenção. Ainda há muito que ser explorado sobre o efeito dessas transformações nos ecossistemas aquáticos e em específico sobre os invertebrados em zonas tropicais (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019; Klink *et al.*, 2020; Leal *et al.*, 2020). Muitos grupos de invertebrados aquáticos são utilizados como indicadores para avaliar e determinar a qualidade ambiental dos ambientes aquáticos e do seu entorno, pois i) geralmente apresentam uma grande abundância e onipresença nos ecossistemas aquáticos quando comparado com outros grupos; ii) pelo menos uma parte do seu ciclo de vida depende dos ecossistemas aquáticos; iii) apresentam uma ampla magnitude de tolerância frente aos mais diversos impactos e modificações ambientais (Barbosa *et al.*,

2001; Gamboa *et al.*, 2008; Nessimian *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2014; Carter *et al.*, 2017; Valente-Neto *et al.*, 2018; Gómez-Tolosa *et al.*, 2021).

Os insetos aquáticos em particular têm sido amplamente utilizados como bioindicadores para avaliar o efeito das pressões humanas sobre os ambientes aquáticos (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Dentre eles, a ordem Odonata já apresenta muitos estudos relacionando a sua diversidade associada às mudanças das características ambientais (Gómez-Tolosa *et al.*, 2021). Eles apontam uma forte ligação dos odonatos com o ambiente aquático e que são afetados pela estrutura dos sistemas terrestres ao redor dos ambientes aquáticos (Leitão, 2011; Rodrigues *et al.*, 2018; Calvão *et al.*, 2018), sendo amplamente utilizado em estudos que avaliam alterações nos ecossistemas naturais e no seu entorno (Calvão *et al.*, 2011; Monteiro-Junior *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018; Calvão *et al.*, 2018, Carvalho *et al.*, 2018).

As espécies de Odonata possuem características ecofisiológicas e comportamentais que estão intimamente relacionadas ao comportamento de voo e capacidade de termorregulação, e elas dividem as espécies em grupos que podem refletir a qualidade e integridade dos ecossistemas as quais se encontram (De Marco *et al.*, 2015; Oliveira-Junior *et al.*, 2015). Essas características espécie-específicas ligadas a morfologia, ao comportamento e aspectos ecológicos das larvas e dos adultos permitem que eles sejam separados em grupos que podem ser utilizados para avaliar a integridades dos ambientes aquáticos e áreas ao seu entorno. Os odonatos podem ser classificadas como especialistas de áreas florestadas, especialistas de áreas abertas e generalistas de habitat (Rodrigues & Roque, 2017; Carvalho *et al.*, 2018).

As espécies consideradas especialistas de áreas florestadas são extremamente dependentes da integridade dos ecossistemas aquáticos e das áreas ao entorno, com presença de espécies arbóreas, de altos dosséis e com menor incidência solar. O que as tornam sensíveis as alterações ambientais e com altas chances de extinções locais. As espécies consideradas especialistas de áreas abertas formam um grupo de espécies que são adaptadas a ambientes não florestados, com predominância de estratos herbáceos, e raros indivíduos arbóreos e arbustivos esparsos, favorecendo uma maior penetração da luz. Geralmente, elas são encontradas em áreas abertas naturais e em ambientes com níveis intermediários de alteração ao entorno dos ecossistemas aquáticos que propiciam habitats adequado à colonização dessas espécies. As espécies consideradas generalistas de habitat têm uma maior

capacidade de tolerar as modificações nos ambientes naturais e os diferentes níveis de impactos antrópicos. Portanto, são encontradas em áreas com diferentes níveis de impactos antrópicos sendo favorecidas em áreas onde outras espécies não conseguem se desenvolver (Carvalho *et al.*, 2018).

As espécies especialistas de áreas florestadas geralmente dependem de habitats mais específicos para os adultos, com maior disponibilidade de recursos alimentares, que favoreça o sucesso reprodutivo das espécies sensíveis e a manutenção da temperatura corporal, e também para a sobrevivência e desenvolvimento das larvas (De Marco *et al.*, 2015, Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018). Ambientes mais prístinos, conseguem manter uma maior heterogeneidade de habitat e conseqüentemente as condições adequadas para essas populações de espécies particulares. Já as espécies especialistas de áreas abertas e as generalistas de habitat apresentam características ecológicas e comportamentais, como capacidade de termorregulação, maior facilidade de dispersão em áreas abertas, que as beneficiam em áreas modificadas (De Marco *et al.*, 2015, Carvalho *et al.*, 2018). Sendo que as espécies generalistas de habitat ainda possuem uma maior capacidade de tolerar os impactos antrópicos causados pelas modificações ambientais, como a perda da vegetação ripária, pois os adultos e as larvas são mais tolerantes as modificações conseguindo assim manter suas populações nessas áreas.

Dentro dessa perspectiva, esse trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos das mudanças do uso da terra sobre as assembleias de Odonata e avaliar o papel das variáveis ambientais na estruturação dessas assembleias nas áreas de cultivo de Cacau em áreas de domínio da Mata Atlântica.

Essa dissertação é formada por dois capítulos que serão apresentados em forma de artigos. O primeiro capítulo tem como título: “Alterações entre diferentes usos da terra modifica a composição das assembleias de Odonata em áreas de Mata Atlântica”. Nele foi avaliado o efeito das modificações de usos da terra para áreas de pastagem e Cacau-cabruca sobre a riqueza e composição das assembleias de Odonata e quais podem ser consideradas indicadoras para os respectivos usos da terra na região.

O capítulo 2 tem como título “Influência das variáveis ambientais e espacial sobre a diversidade de Odonata em áreas de Cacau-cabruca”. Nele foi avaliado o papel das variáveis ambientais locais e espacial nas áreas de cultivo de Cacau na estruturação das comunidades de Odonata.

## 2. Referências

Allan, J.D.; Arbor, A. 2004. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 35, p. 257-284.

Almeida, D.S. 2016. *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. Editus. 3ª edição.

Barbosa, F. A. R., Callisto, M., Galdean, N. 2001. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: A case study for Brazil. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, p. 51-59.

Calvão, L. B., Juen, L., Oliveira Junior, J. M. B., Batista, J. D., & De Marco, P. 2018. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *Journal Insect Conservation*, v. 22, p. 1-11.

Carvalho FG, Oliveira Roque F, Barbosa L, Assis Montag LF, Juen L .2018. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. *Animal Conservation*, v.21, p.526–533.

Corbet, P. S.; May, M. L. 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal the flier/percher template. *International Journal of Odonatology*, v. 11, p. 155-171.

De Marco, P.Jr. & Resende, D.C. 2002. Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica*, v.31, p. 129-138.

De Marco, P.Jr. & Resende, D.C. 2004. Cues for territory choice in two tropical dragonflies. *Neotropical Entomology*, v. 3, p.397–401.

Dijkstra, K. D. B., Bechly, G., Bybee, S. M., Dow, R. A., Dumont, H. J., Fleck, G., ... & May, M. L. 2013. The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). In: Zhang, Z.-Q.(Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013)*. *Zootaxa*, 3703(1), 36-45.

Dobrovolski, R., Diniz-Filho, J.A.F., Loyola, R.D. et al. 2011. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. *Biodiversity Conservation*, v. 20, p. 2445–2459.

Ferreira, W.R.; Hepp, L.U.; Ligeiro, R.; Macedo, D.R et al. 2017. Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams *Ecol. Indic.*, 72, pp. 365-373.

Foley, J. A., De Fries, R., Asner, G.P., Barford, C. et al. 2005. Global consequences of land use. *Science*, v. 309, p. 570–574.

Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, v.48, p. 109–120.

Gardner, T. A., Barlow, J., Chazdon, R., Ewers, R.M., et al. 2009. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters*, v.12, p.561–582.

Gibson, L., Lee, T., Koh, L. et al. 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, v. 478, p.378–381.

Gómez-Tolosa, M., Rivera-Velázquez, G., Rioja-Paradela, T.M. et al. 2021. The use of Odonata species for environmental assessment: a meta-analysis for the Neotropical region. *Environ Sci Pollut Res* 28, 1381–1396.

Juen, L. & De Marco, P. Jr. 2011. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, v. 4, p.1-10.

Juen, L. & P. De Marco Jr. 2012. Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, p.3507-3521.

Laurance, W. F. 2007. Have we overstated the tropical biodiversity crisis? *Trends in Ecology & Evolution*, v.22, p.65–70.

Laurance, W.F, Sayer, J., Cassman, K.G. 2014. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution*, p 107 – 116.

Leal, C.J., Lennox, G.D., Ferraz, S.F.B., Ferreira, J., Gardner, T.A., Thomson, J.R., Berenguer, E., Lees, A.C., Hughes, R.M., MacNally, R., Aragão, L.E.O.C., Brito, J.G., Castello, .L, Garrett, R.D., Hamada, N., Juen, L., Leitão, R.P., Louzada, J., Morello, T.F., Moura, N.G., Nessimian, J.L., Oliveira-Junior, J.M.B., Oliveira, V.H.F., Oliveira, V.C., Parry, L., Pompeu, O.S., Solar, R.R.C., Zuanon, J., Barlow, J. 2020. Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of tropical aquatic species. *Science*, (6512), 117–121.

Malmqvist, B., & Rundle, S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, v.29, p.134-153.

Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., Santos, A.C.A., Vettorazzi, C.A., 2018. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: watershed versus riparian zone. *Catena*, v.167, p. 130–138.

Mello, K.; Taniwakir. H.; De Paula, F. R.; , Valente, R. A.; Randhir,T. O.;Macedo, D. R.; Leal,C. G.;Rodrigues,B. R.; Hughes, R. M. 2020. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil,J. *Environmental. Manage.*, 270:110879

MapBiomias. Acessado em: 07 set. 2020. Projeto de Mapeamento Annual da Cobertura e Uso do Solo Brasil – 2019 Bioma Mata Atlântica.Visto em: <http://mapbiomas.org>.

Monteiro-Júnior, C.S.; Couceiro, S.R.M.; Hamada, N.; Juen, L. 2013. Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil, *International Journal of Odonatology*, v.17, p.1-13.

Molina.C. Molina, C.A. Roa-Fuentes, J.O. Zeni, L. Casatti. 2017. The effects of land use at different spatial scales on instream features in agricultural streams *Limnologica*, v. 65, p. 14-21,

Oliveira-Junior, José Max Barbosa. 2013. O efeito da alteração ambiental sobre assembleias de Odonata na Amazônia Oriental / José Max Barbosa de Oliveira Junior. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Nova Xavantina.

Palacino-Rodriguez, F.; Palacino, D.A., Munguia-Steyer, R., Juen, L. 2020. Effects of seasonality and environmental change on an Andean damselfly *Mesamphiagrion laterale* (Odonata: Coenagrionidae). *Journal of Insect Conservation*, p. 499-511.

Rodrigues, M. E., Roque, O. F. 2017. Checklist de Odonata do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 107.

Rodrigues, M. E., Roque, O. F., Quintero, J. M. O., Pena, J. C. C., Sousa, D. C., & De Marco, P. 2016. Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savanna landscape. *Biological Conservation*, v. 19, p. 113-120.

Rodrigues, M. E., Roque, F. O., Ferreira, R. G. N., Saito, Victor S., Samways, M. J. 2018. Egg-laying traits reflect shifts in dragonfly assemblages in response to different amount of tropical forest cover. *Insect Conservation and Diversity*, v. 11, p. 01-10.

Sala, O. E., Stuart, C.F., Armesto, J.J., Berlow, R., et al. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, v. 287, p. 1770–1774.

Tilman D, Clark M, Williams DR, Kimmel K, Polasky S, Packer C. 2017. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, v546: 73–81.

Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson a, Howarth R, et al.2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science.

Villalobos-Jimenez, G.; Dunn, A e Hassall, C.2016. Dragonflies and damselflies (Odonata) in urban ecosystems: a review. European Journal of Entomology, v.113. p. 217-232. ISSN 1210-5759.

## **Capítulo 1**

### **Alterações entre diferentes usos da terra modifica a composição das assembleias de Odonata em áreas de Mata Atlântica**

**Ilhéus**

**2021**

## 1. Introdução

As atividades antrópicas têm se intensificado ao longo dos anos, causando a perda da biodiversidade e modificando a dinâmica dos ecossistemas (Mittermeier *et al.*, 2011; Barlow *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2018). Algumas destas ações são marcadas pelo aumento da exploração dos recursos naturais, mudanças de uso da terra para agricultura e pecuária e o crescimento dos centros urbanos, transformando paisagens naturais em paisagens modificadas (Gardner *et al.*, 2009; Hobbs *et al.*, 2009; Tilman *et al.*, 2011; Vanwalleggem *et al.*, 2017; Barlow *et al.*, 2018, Mello *et al.*, 2020). Desse modo, compreender os impactos dos efeitos das mudanças nas paisagens naturais sobre a biodiversidade é primordial (Albert *et al.*, 2020; Mello *et al.*, 2020).

A integridade e conservação dos ecossistemas aquáticos estão diretamente relacionadas aos ecossistemas terrestres, principalmente os de entorno (Yu *et al.*, 2016). As alterações e ou perdas nesses ecossistemas afetam diretamente os ecossistemas aquáticos e diminuem a capacidade desses ambientes em manter suas comunidades naturais, causando a extinção local de espécies mais sensíveis (Sala *et al.*, 2000; Fernandes, 2007; Casatti *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2017; Reild *et al.*, 2019; Leal *et al.*, 2020).

As alterações de uso da terra contribuem para a modificação física, química e biológica dos ecossistemas aquáticos. A transformação física do entorno compromete qualidade da água dos corpos hídricos, contribuindo para a modificação da variação natural das condições ambientais e reduzindo a variabilidade de habitats pela homogeneização (Allan, 2004; Lange *et al.*, 2011, Mello *et al.*, 2020). Além disso, a retirada da vegetação ribeirinha favorece o assoreamento, altera o regime hidrológico e aumentar a incidência luminosa (Teresa & Casatti, 2010), reduzindo a disponibilidade de recursos alimentares, sítios de oviposição e aumenta a competição intra e interespecífica (Ometo *et al.*, 2000; Benstead *et al.*, 2003, Rodrigues *et al.*, 2018) e influenciando negativamente a biodiversidade associada a esses ecossistemas (Allan, 2004; Reild *et al.*, 2019, Albert *et al.*, 2020).

Os organismos presentes nos ecossistemas de água doce, como os insetos aquáticos são sensíveis às mudanças ambientais. Geralmente possuem um ciclo de vida completo no qual inicialmente se desenvolvem em ambientes aquáticos, ocupando uma grande variedade de microhabitats e na fase adulta, ocupam ambientes terrestres (Hamada *et al.*, 2014). Dentre eles, a ordem Odonata têm se destacado, por serem facilmente observadas e coletadas, pelo conhecimento taxonômico consolidado, respostas diferenciadas as modificações antrópicas, constantemente usadas em estudos que avaliam o efeito dos impactos antrópicos sobre a

qualidade e conservação dos ecossistemas aquáticos e sua biodiversidade (Gómes-Tolosa *et al.*, 2021). Principalmente, dos impactos provocados pelos diferentes usos da terra e perda de cobertura vegetal que ocorre ao longo dos corpos d'água (Oliveira-Junior *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2016, Oliveira-Junior *et al.*, 2017; Miguel *et al.*, 2017; Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018, Gómes-Tolosa *et al.*, 2021).

As espécies de Odonata possuem características morfológicas, ecofisiológicas e comportamentais (larvas e adultos), que estão intimamente relacionadas ao comportamento de voo, capacidade de dispersão, capacidade de termorregulação, tipo de habitat, alimentação e reprodução (Corbet 2008; De Marco *et al.*, 2015; Valente-Neto *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018). Essas características dividem as espécies em grupos que podem refletir a qualidade e integridade dos ecossistemas as quais elas se encontram (De Marco *et al.*, 2015; Oliveira-Junior *et al.*, 2015), permitindo que as espécies sejam classificadas como especialistas de áreas florestadas, especialistas de áreas abertas e generalistas de habitat (Carvalho *et al.*, 2018).

As espécies consideradas como especialistas de áreas florestais são extremamente dependentes da integridade dos ecossistemas aquáticos e das áreas ao entorno. Portanto são sensíveis as alterações ambientais e com altas chances de extinções locais quando os ambientes são modificados para outros usos da terra. As espécies consideradas especialistas de áreas abertas, formam um grupo de espécies que são adaptadas a ambientes não florestados e com maior incidência solar. Geralmente são encontrados em áreas abertas naturais e em ambientes com níveis intermediários de alteração ao entorno dos ecossistemas aquáticos que propiciam habitats adequado a colonização desses grupos. E as espécies consideradas generalistas de habitat, possuem uma maior capacidade de tolerar as modificações nos ambientes naturais e os diferentes níveis de impactos antrópicos. Portanto, são encontradas em áreas com diferentes níveis de impactos antrópicos sendo favorecidas em áreas onde outras espécies não conseguem se desenvolver (Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018).

Desse modo, esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos das mudanças de usos da terra para áreas de pastagem e de Cacau-cabruca sobre a riqueza e composição de espécies de Odonata, quando comparadas com áreas preservadas em áreas de Mata Atlântica. Nossa predição é que as áreas de pastagem irão apresentar uma maior riqueza de espécies quando comparada as áreas de cabruca e de vegetação nativa. As modificações nos ecossistemas naturais permitem que espécies generalistas e especialistas de áreas abertas colonizem essas

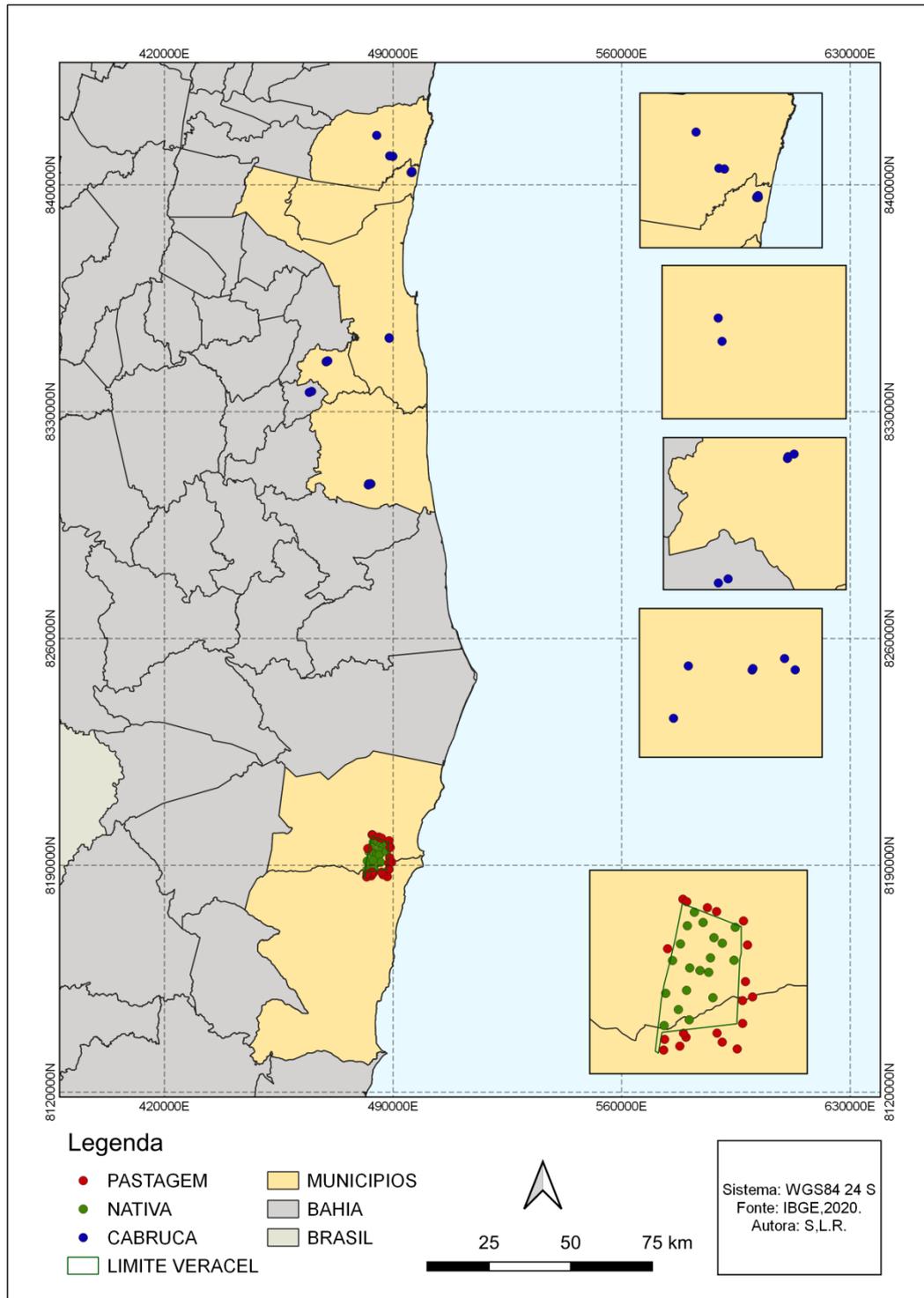
áreas aumentando a riqueza local (Monteiro-Junior *et al.*, 2015; Calvão *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2019). Em relação à composição, a predição é que os diferentes usos da terra apresentem composições de assembleias diferentes entre si. Sendo que as áreas nativas e de Cacau-cabruca apresentem uma composição mais semelhante entre si e composta por espécies consideradas especialistas de áreas florestadas. E as áreas de pastagens com espécies consideradas generalistas de habitat ou especialistas de áreas abertas (Carvalho *et al.*, 2018; Calvão *et al.*, 2018).

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Área de Estudo**

O estudo foi realizado na região sul do estado da Bahia, nos municípios de Ilhéus, Una, Uruçuca, Itacaré, Buerarema, Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália (Figura 01), localizadas no domínio Mata Atlântica. O clima da região, segundo Köppen-Geiger é classificado como Clima de Floresta Tropical Af (tropical superúmido) com chuvas uniformemente distribuídas ao longo do ano.

Para a seleção das áreas foram considerados os três principais usos da terra da região. Um total de 64 córregos amostrados, 24 em áreas nativas, 17 em áreas de pastagem e 23 em áreas de Cacau-cabruca. Em córregos de primeira e segunda ordem (Strahler 1957).



**Figura 01:** Mapa com os municípios onde foram realizadas as coletas em áreas de vegetação nativa, cabruca e pastagem.



**Imagem 01:** Ponto em área de Cabruca, na fazenda Baculerê (Município de UNA - BA) e ponto dentro da área Nativa, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Estação Veracel (Santa Cruz Cabrália – BA).

Foram realizadas duas campanhas de monitoramento para cada um dos três usos da terra. Nas áreas de vegetação nativa a primeira campanha ocorreu entre os meses de outubro de 2018 e novembro de 2019 e da segunda entre julho e agosto de 2020. As coletas foram realizadas nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, concentradas no interior da Reserva do Particular do Patrimônio Natural – RPPN Estação Veracel, e nos municípios de Una e Uruçuca nas áreas de preservação permanente (APP) em propriedades particulares. Em geral os córregos presentes nessas áreas possuíam margens com mata ciliar, cobertura de dossel, sem evidências de poluição física (resíduos ou lançamento de efluentes) e com uma maior integridade física dos canais (margens estáveis, pouco ou nenhum assoreamento evidente).

A primeira campanha em áreas de pastagem ocorreu durante o mês de outubro de 2018 e a segunda nos meses de fevereiro e setembro de 2019, nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália-BA, em propriedades particulares e assentamentos da região localizadas

no entorno da RPPN Veracel. Os córregos geralmente possuíam pouca ou nenhuma vegetação ciliar, estando alguns com represamento do canal, sendo utilizados para dessedentação dos animais domésticos e outros usos na propriedade. Em alguns pontos, as margens não eram estáveis e o leito do canal estava assoreado. A presença de uma pequena quantidade de lixo doméstico também era frequente, geralmente plástico.

As coletas da primeira campanha em áreas de Cacau-cabruca foram realizadas de setembro a novembro de 2019 e a segunda nos meses de julho e agosto de 2020. Foram selecionadas propriedades de produtores de cacau orgânico que integram a Cooperativa Cabruca, situados nos municípios de Ilhéus, Itacaré, Uruçuca, Buerarema e Una. Geralmente esses sítios amostrais apresentavam as margens estáveis, com pouco ou nenhuma evidência de assoreamento. A vegetação ripária não apresentava o dossel tão fechado e em muitos sítios amostrados o cacau é cultivado até as margens dos corpos d'água.

## **2.2. Método de coleta**

Os espécimes adultos foram amostrados dentro de um segmento de 100 metros em ambas as margens do corpo d'água. Foram coletados com o auxílio do puçá, com um esforço amostral total de 01:30 horas para cada ponto estabelecido. Os indivíduos coletados foram encaminhados ao laboratório de organismos aquáticos (LOA) da Universidade Estadual de Santa Cruz para identificação com o auxílio das chaves de identificação (Garrisson *et al.*, 2006 e 2010; Lencione; 2005, 2006 e 2017). O material coletado está depositado na Coleção de Insetos Aquáticos da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

## **2.3. Análise dos dados**

Para avaliar a resposta da riqueza de Odonata entre as áreas com diferentes usos da terra os dados foram testados a partir de um modelo linear generalizado - GLM, utilizando um modelo log-linear (Gotelli and Ellison 2011). Para essa análise, a riqueza foi usada como variável resposta e os usos da terra como variáveis preditoras (nativa, cacau-cabruca e pastagem). Para avaliar a relação das assembleias entre os diferentes usos da terra, foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCoA) e uma Permanova (Anderson, 2001). Para a PCoA foi gerada uma matriz de distancia para determinar a diferença entre as assembleias de cada uso da terra, e o agrupamento gerado foi testado por meio da Permanova, a partir de 999 repetições (Anderson e Walsh 2013).

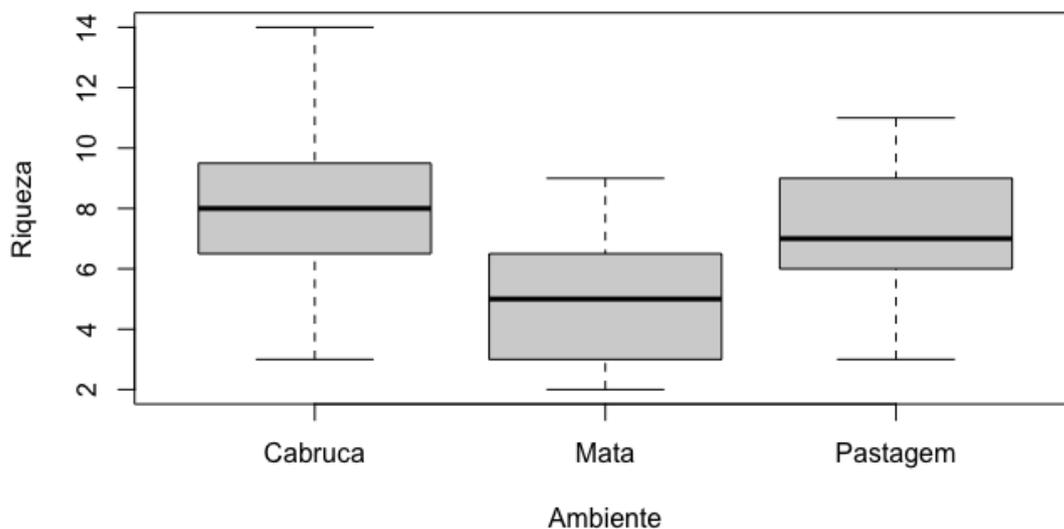
A análise de espécies indicadoras (IndVal) para cada uso e entre os usos da terra, foi calculada de acordo De Cáceres *et al* (2010). Essa análise possibilita criar combinações para avaliar espécies associadas a cada tipo de uso da terra e emite os valores de associação para cada tipo de uso. O IndVal também calcula a especificidade e a fidelidade. A especificidade identifica a probabilidade de uma espécie pertencer a um determinado uso da terra. E a fidelidade indica o quanto a espécie foi registrada dentre o total de pontos amostrados para aquele determinado uso da terra (De Cáceres *et al.*, 2010). Todas as análises foram feitas com o auxílio de programa R, usando o pacote “vegan” (Oksanen *et al.*, 2015), “RT4Bio” e “Indicspecies” (De Cáceres *et al.*, 2011).

### 3. Resultados

Foram capturados 1558 indivíduos de Odonata adultos, distribuídos entre 1217 espécimes da subordem Zygoptera e 341 da subordem Anisoptera, um total de 84 espécies. Nas áreas de mata foram capturados 514 espécimes, nas áreas de pastagem 332 e nas áreas de cabruca 712. Dentre as espécies coletadas, as mais representativas dentre Zygoptera foram: *Heteragrion aurantiacum*, *Hetaerina rosea*, *Argia chapadae*, *Acantagrion aepiolium* com, respectivamente, 310, 218, 186, 86 indivíduos; para Anisoptera foram: *Erythrodiplax fusca* com 110 e *Erythrodiplax paraguayensis* com 18 indivíduos.

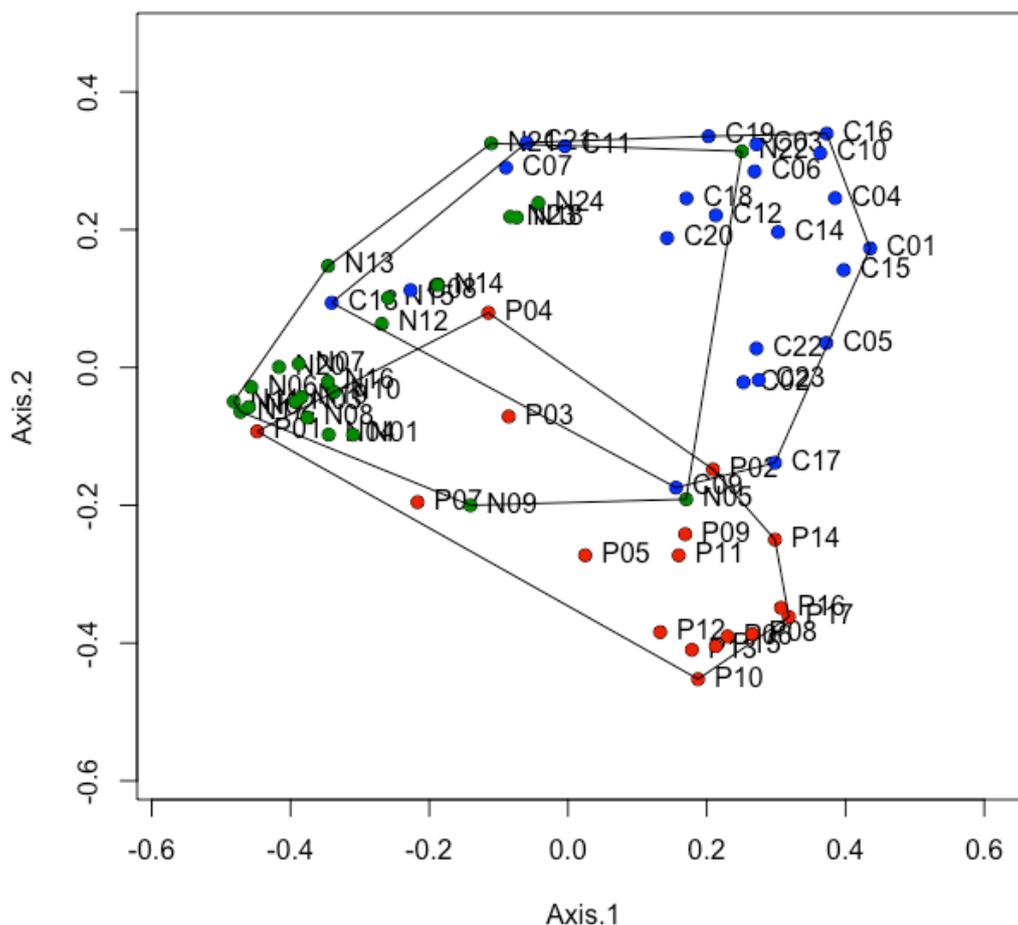
Das 84 espécies coletadas, 13 foram comuns aos três tipos de usos da terra. Oito espécies foram exclusivas nas áreas de vegetação nativas, enquanto 26 espécies só ocorreram nas áreas de cabruca e 12 em áreas de pastagem. Foram registradas 10 espécies nas áreas de pastagem e nativa. E sete espécies para o uso nativa e cacau-cabruca. E entre as áreas de cacau-cabruca e pastagem foram oito espécies (Apêndice 01)

A riqueza de espécies entre as áreas com os diferentes usos da terra apresentou uma diferença significativa (AIC=301.84, df=61,  $p = 3.281 \times 10^{-5}$ ), com o modelo explicando 24% da variação dos dados, tendo as médias da riqueza de 8.13 para as áreas de cabruca, 4.835 para as áreas nativa, e 7.05 para as áreas de pastagem (Figura 02).



**Figura 02:** Riqueza da ordem Odonata entre os diferentes usos da terra, áreas de cabruca, nativa e pastagens. A linha em negrito reflete os valores de média.

Em relação à composição, a ordenação mostrou que as assembleias encontradas nos córregos com diferentes usos da terra são diferentes entre si (teste de PERMANOVA  $p = 0,001$ ,  $R = 0,5092$ ). Ou seja, cada um dos diferentes usos da terra avaliado apresenta uma composição de espécies, com a maioria das espécies ocorrendo somente naquele determinado tipo de uso. Como pode ser observado no gráfico um agrupamento dos pontos nos sítios com o mesmo uso da terra e a separação da maioria dos pontos nos sítios com usos da terra diferentes. As assembleias encontradas em áreas nativas foram mais similares entre si, evidenciando uma menor variação entre as espécies coletadas nas áreas com vegetação nativa. E as assembleias das áreas de Cacau-cabruca e pastagem apresentaram uma maior variação da composição das espécies registradas em cada ponto (Figura 03).



**Figura 03:** Gráfico de análise de PCoA demonstrando a similaridade da composição das assembleias de Odonata entre os usos da terra: áreas nativa, Cacau-cabruca e pastagem. Os pontos em verde ou com a letra N estão associados a áreas de Vegetação Nativa, os pontos em azul ou com a letra C estão associados a áreas de Cacau-cabruca e os pontos em vermelho ou com a letra P estão associados a áreas de pastagem.

A partir da análise de IndVal, algumas espécies foram apontadas como possíveis bioindicadoras para cada tipo de usos da terra avaliado (Tabela 01). Ao total 20 espécies foram selecionadas. Nas áreas de Cabruca foram: *Acanthagrion aepiolim* (Selys, 1876), *Argia chapadae* (Rambur, 1842), *Aceratobasis nataliae* (Kennedy, 1920), *Epipleoneura metallica* (Racenis, 1955), *Heteragrion dorsale* (Selys, 1862), *Erythrodiplax castanea* (Burmeister, 1839), *Perithemis thais* (Kirby, 1889). Para áreas de Mata: *Heliocharis amazona* (Selys,

1893). E nas áreas de Pastagem: *Ischnura capreolus* (Charpentier, 1840), *Telebasis corallina* (Selys, 1876), *Erythrodiplax paraguayensis* (Foster, 1905), *Erythrodiplax leticia* (Machado, 1996), *Planiplax phoenicura* (Ris, 1912), *Acanthagrion gracile* (Rambur, 1842), *Perithemis lais* (Perty, 1833), *Erythemis credula* (Hagen, 1861). Foram obtidas também espécies indicadoras entre as áreas como Cabruca-Mata: *Heteragrion aurantiacum* (Selys, 1862), Cabruca-Pastagem: *Erythrodiplax fusca* (Rambur, 1842) e Mata-Pastagem: *Argia hasemani* (Calvert, 1909) e *Epipleoneura machadoi* (Rácenis, 1960). Todas as espécies selecionadas tiveram altos valores de especificidade, maior que 0,8, exceto *Perithemis lais*, com valor de 0,63. Essas espécies sempre ocorriam dentro de um único tipo de uso do solo avaliado. No entanto, a fidelidade apresentou valores variados, com a maioria sendo intermediários ou baixos quase todos menores que 0,6. Essas espécies tiveram uma frequência intermediária e ou baixa dentro o total de cada um dos tipos de usos do solo avaliado.

**Tabela 1:** Espécies indicadoras para os diferentes usos da terra (Cabruca, Mata e Pastagem) evidenciado a partir do teste de IndVal.

Espécie	Cabru- ca	Nati- va	Pasta- gem	Valor índice	Valor de P	Especificidade (A)	Fidelidade (B)
<i>Acanthagrion aepiolim</i>	x			0,718	0,001	0,9889	0,5217
<i>Acanthagrion gracile</i>			x	0,453	0,024	0,8712	0,2353
<i>Aceratobasis nataliae</i>	x			0,417	0,017	1,000	0,1739
<i>Argia chapadae</i>	x			0,830	0,001	0,8339	0,8261
<i>Argia hasemani</i>		x	x	0,733	0,001	1,000	0,5366
<i>Epipleoneura machadoi</i>		x	x	0,494	0,027	1,000	0,2439
<i>Epipleoneura metallica</i>	x			0,417	0,011	1,000	0,1739
<i>Erythrodiplax castanea</i>	x			0,417	0,024	1,000	0,1739

<i>Erythemis credula</i>		x	0,420	0,024	1,000	0,1765
<i>Erythrodiplax fusca</i>	X	x	0,712	0,003	0,9224	0,5500
<i>Erythrodiplax leticia</i>		x	0,485	0,004	1,000	0,2353
<i>Erythrodiplax paraguayensis</i>		x	0,531	0,002	0,9600	0,2941
<i>Heliocharis amazona</i>		x	0,456	0,025	1,000	0,2083
<i>Heteragrion aurantiacum</i>	x	x	0,824	0,001	0,9123	0,7447
<i>Heteragrion dorsale</i>	x		0,659	0,001	1,000	0,4348
<i>Ischnura capreolus</i>		x	0,737	0,001	0,9231	0,5882
<i>Perithemis lais</i>		x	0,432	0,0216	0,6358	0,2941
<i>Perithemis thais</i>	x		0,674	0,001	0,9495	0,4783
<i>Planiplax phoenicura</i>		x	0,485	0,005	1,000	0,2353
<i>Telebasis corallina</i>		x	0,554	0,003	0,8698	0,3529

#### 4. Discussão

Os nossos resultados mostraram que as áreas de Cacau-cabruca e de pastagem apresentaram um maior número de espécies quando comparado com as áreas nativas, corroborando a nossa predição. Trabalhos que avaliam o efeito de diferentes usos da terra sobre a riqueza de Odonata têm demonstrado que a riqueza tende a aumentar em ambientes que são alterados quando comparado com áreas nativas (Monteiro-Junior *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2018). As modificações nas áreas nativas causam distúrbios de diferentes magnitudes, favorecendo a entrada e a colonização de espécies de Odonata nesses ecossistemas. As transformações alteram as características ambientais físicas do entorno e dos ecossistemas aquáticos e assim facilitam a colonização de espécies consideradas especialistas de áreas abertas e generalistas de habitat (Carvalho *et al.*, 2018). Desse modo, os diferentes usos da terra avaliados (pastagem e Cacau-cabruca), podem estar mantendo uma alta riqueza de espécies tolerante a leves distúrbios quando comparado com as áreas nativas.

Dentre os três usos da terra avaliados, as áreas de Cacau-cabruca apresentaram a maior riqueza. Essas áreas pelo próprio sistema de cultivo são ambientes que possuem modificações intermediárias quando comparadas aos ambientes preservados e a outros tipos de usos da terra que promovem a retirada total da cobertura vegetal (pastagem, agricultura e urbano). Elas mantêm algumas das características que são encontradas nos ambientes naturais, como uma maior quantidade de vegetação arbórea que leva a uma maior cobertura de dossel, e conseqüentemente uma maior integridade física dos canais (margens estáveis e pouco ou nenhum assoreamento). Essas características protegem os ecossistemas aquáticos de alterações bruscas, mantendo certo nível da integridade física, do entorno e da qualidade da água. Desse modo, as áreas de Cabruca podem manter uma parte das espécies consideradas especialistas de florestas como, por exemplo, *Forcepcioneura serrabonita*, *Heteragrion aurantiacum*, *Perilestes fragilis* (Calvão *et al.*, 2012; Consatti *et al.*, 2014; Pinto & Kompier, 2018). Como o dossel nessas áreas permite uma maior quantidade de luminosidade nos canais, e o sub-bosque é mais aberto do que nas áreas nativas pode favorecer algumas espécies especialistas de áreas abertas como *Perithemis thais* *Erythrodiplax paraguayensis* e *Orthemis discolor* (Faria *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2018), aumentando a riqueza nessas áreas quando comparado com as áreas nativas.

As áreas de pastagem quando comparado às áreas de Cacau-cabruca e nativas apresentam mudanças mais drásticas em relação à quantidade de vegetação arbórea, cobertura

de dossel e na manutenção da estrutura física dos ecossistemas aquáticos (Allan 2004, Mello *et al.*, 2020). A perda da integridade do ecossistema aquático, provocada principalmente pela retirada da vegetação modifica de forma mais abrupta a estrutura física e a qualidade desses ecossistemas e seu entorno, homogeneizando os habitats tanto para as larvas como para os adultos de Odonata (Calvão *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2018). Dessa maneira, essas áreas podem beneficiar algumas espécies e desfavorecer outras. Em áreas de pastagens, encontramos as espécies consideradas especialistas de áreas abertas e as generalistas de habitat que se favorecem nessas áreas, como *Ischnura capreolus*, *Erythrodiplax paraguayensis*, *Perithemis lais*, *Erythrodiplax fusca* acabam sendo favorecidas nessas áreas (Carvalho *et al.*, 2018; Calvão *et al.*, 2017; Miguel *et al.*, 2017).

Os ambientes de áreas nativas, apesar de possuírem a menor riqueza quando comparado com os outros usos da terra, são mantenedores de espécies mais sensíveis às alterações ambientais, as espécies consideradas especialistas de florestas (Carvalho *et al.*, 2018). Em nosso estudo espécies como *Heteragrion aurantiacum*, *Heliocharis amazona*, *Leptagrion macrurum*, *Leptagrion acutum*, *Gomphidae spl*, *Aceratobasis cornicauda* e *Perilestes fragilis* só foram registradas nas áreas nativas ou tiveram uma maior abundância nessas áreas. Enfatizando a importância da preservação e manutenção de áreas nativas para preservar e manter a diversidade de espécies mais sensíveis às alterações antrópicas (Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018). Principalmente, porque esses ambientes podem manter habitats que são muito específicos como os ambientes de fitotelmatas, em que a perda desses habitats pode levar a extinção local das espécies associadas (Ribeiro *et al.*, 2021), como as espécies registradas neste estudo *Leptagrion acutum* e *L. macrurum*.

Em relação à composição, os nossos resultados evidenciaram que existe uma diferença entre as assembleias presentes nos três usos da terra, corroborando com a nossa predição. Além disso, pode ser observado que as áreas nativas possuem uma menor variação entre as assembleias, enquanto nas áreas de Cacau-cabruca e áreas de pastagem elas são mais distintas entre si. Isso demonstra que as áreas de mata mantêm assembleias mais estáveis e que os diferentes usos da terra como as áreas de Cacau-cabruca e a pastagem, por estarem submetidos a diferentes graus de modificações quando comparados entre si apresentam também assembleias mais dissimilares. O que já tem sido registrado em outros estudos com o grupo quando comparam a composição das assembleias em diferentes usos do solo (Carvalho *et al.*, 2018; Calvão *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2018).

A composição tem sido uma boa medida para avaliar o efeito das alterações nos ambientes naturais sobre as assembleias de Odonata. E tem se mostrado efetiva em trabalhos como de Carvalho e colaboradores (2018), que avaliaram os efeitos das áreas de cultivo extensivo do dendê. Em estudos entre áreas nativas e de pastagem em riachos do Cerrado (Calvão *et al.*, 2018). E em estudos sobre os impactos da retirada da vegetação sobre as assembleias de Odonata (Dutra & De Marco, 2015; Monteiro-Junior *et al.*, 2015, Miguel *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2018, Pires *et al.*, 2020). Os diferentes usos da terra modificam a composição das assembleias de Odonata, devido às modificações das variáveis ambientais dos ecossistemas aquáticos e do seu entorno, permitindo que espécies com diferentes características ecológicas e ou comportamentais consigam permanecer e ou colonizar essas áreas (De Marco *et al.*, 2015, Rodrigues *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018, Carvalho *et al.*, 2018).

Dentre as espécies consideradas como bioindicadores, nossos resultados evidenciaram espécies como indicadoras para cada um dos três usos da terra. Dentre as espécies selecionadas quase todas tiveram altos valores de especificidade (A), enfatizando que espécies tiveram uma alta correlação com os respectivos usos da terra. No entanto, em relação à fidelidade (B), os valores foram relativamente baixos. As espécies tiveram uma baixa representatividade dentre o número total de pontos amostrados para cada um dos usos da terra avaliado. Entre as espécies registradas, *Heliocharis amazona* foi classificada como indicadora de áreas de mata. Essa espécie é sempre associada a ambientes mais prístinos (Garrison *et al.*, 2010, Miguel *et al.*, 2017), e foi considerada como especialista de áreas florestada (Carvalho *et al.*, 2018).

Nas áreas de cabruca, nossos resultados evidenciaram as espécies *Acanthagrion aepiolim*, *Aceratobasis nataliae*, *Argia chapadae*, *Epipleoneura metallica*, *Erythrodiplax castanea*, *Erythrodiplax fusca*, *Heteragrion aurantiacum*, *Heteragrion dorsale* e *Perithemis thais* como possíveis bioindicadoras. Vale enfatizar que dentre essas espécies algumas são comumente registradas em áreas mais florestadas como *Heteragrion aurantiacum*, *Heteragrion dorsale* e outras em áreas mais abertas ou antropizadas como *Erythrodiplax fusca* e *Perithemis thais* (Oliveira-Junior *et al.*, 2015; Miguel *et al.*, 2017; Carvalho *et al.*, 2018, Calvão *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018). Áreas de Cacau-cabruca mantêm espécies consideradas especialistas de florestas e especialistas de áreas abertas. Nas áreas de pastagem, foram registradas espécies como *Acanthagrion gracile*, *Erythemis credula*, *Erythrodiplax*

*leticia*, *Erythrodiplax paraguayensis*, *Ischnura capreolus*, *Perithemis lais*, *Planiplax phoenicura* e *Telebasis corallina*, como indicadoras. Em geral essas espécies toleram ambientes com maior incidência solar e ausência de zonas ripárias e já foram registradas em ambientes semelhantes em outros estudos (Oliveira-Junior *et al.*, 2015; Miguel *et al.*, 2017; Carvalho *et al.*, 2018, Calvão *et al.*, 2018). Portanto podem ser espécies consideradas como especialistas de áreas abertas.

Entre os diferentes usos da terra avaliados as áreas de Cacau-cabruca têm sido vistas como um modelo sustentável de produção. De acordo com Cassano *et al.*, 2014, os estudos em áreas de cabruca indicam uma contribuição efetiva desse tipo de sistema agroflorestal para a conservação da fauna e flora. E que essa contribuição está diretamente relacionada aos aspectos relacionados à composição, estrutura e manejo das plantações nas áreas de cacau. Pesquisas realizadas com invertebrados terrestres, aves e mamíferos (Rocha *et al.*, 2019; Cabral *et al.*, 2021; Cassano *et al.*, 2009,2014) evidenciaram que as áreas de Cacau-cabruca funcionam como áreas importantes como corredores, para alimentação e reprodução dessas espécies, mantendo assim uma alta diversidade nesses locais.

Entender como as mudanças de usos da terra afetam os ecossistemas e sua biodiversidade é de suma importância. Vivemos um período onde as mudanças de usos da terra são enfatizadas como um dos principais problemas antrópicos no planeta, principalmente no Brasil (Mello *et al.*, 2020). O conhecimento sobre esses efeitos pode auxiliar nas tomadas de decisões e formulações de propostas de formas de manejo e práticas de uso sustentável que contribuam para a conservação dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade associada. Além disso, manter os ecossistemas em equilíbrio, sem causar interferências fortes na riqueza e composição da diversidade local e regional. Desse modo, valorizar cada vez mais sistemas de produção que minimizem os impactos antrópicos como é o caso das áreas de Cacau-cabruca. E a importância do cumprimento da legislação como o código florestal (nº 12.651/2012), em áreas de agricultura e pastagem para manter a integridade física dos ecossistemas aquáticos e seu entorno é fundamental para a conservação dos ecossistemas aquáticos e conseqüentemente da biodiversidade associada a esses ambientes.

## 5. Referências

Albert, J.S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S.M., Magurran, A.E., Oberdorff, T., Reis, R.E., Winemiller, K.O. & Ripple, W. J. 2020. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*. 50:85-94.

Allan J.D., 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology. Evolution and Systematics*, v 35, 257-84.

Anderson MJ, Walsh DCI.2013. Permanova, Anosim, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? *Ecology Monograph*, v.83, p.557-574

Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Griffith, G.E.; Frydenbourg, R.; McCarron, E.; White, J.S. & Bastian, M.L. 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 15: 185–211.

Barlow, J., França, F., Gardner, T.A. et al.2018. The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature* 559, 517–526.

Batista, J.D.2006. Distribuição longitudinal de adultos de Odonata em riachos no cerrado: uma hipótese ecofisiológica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. p.41.

Cabral, J. P., Faria, D., & Morante-Filho, J. C. 2021. Landscape composition is more important than local vegetation structure for understory birds in cocoa agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 481, 118704.

Calvão, L.B., Juen, L., de Oliveira Junior, J.M.B. et al. 2018. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, v. 22, p. 675–685.

Calvão, L.B.; Nogueira, D.S.; Montag, L.F.A.; Lopes, M.A.; Juen, L. 2016. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging?, *Forest Ecology and Management*, v. 382, p. 143-150, ISSN 0378-1127.

Carvalho FG, Oliveira Roque F, Barbosa L, Assis Montag LF, Juen L .2018. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. *Animal Conservation*, v.21, p.526–533.

Carvalho, F.G; Pinto, N.S.; Oliveira-Junior, J.M.B.; Juen, L. 2013. Efeitos da remoção da vegetação marginal nas comunidades de Odonata. *Acta Limnologica Brasiliensia*. Rio Claro, v. 25, n. 1, p. 10-18.

Casatti, L. 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre uma ictiofauna. *Biota Neotropica*. Campinas, v. 10, n. 4, p. 31-34.

Cassano, CR, Schroth, G., Faria, D. et al. 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v.18, p. 577–603.

Cassano, CR, Schroth, G., Faria, D. et al. 2014. Desafios e recomendações para a conservação da biodiversidade na região cacauceira do sul da Bahia. *Boletim tecnico nº 205*. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus.

Connell, JH., 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, v. 199, p.1302-1310.

Corbet, P. S.; May, M. L. 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal the flier/percher template. *International Journal of Odonatology*, n. 11, 155-171.

De Cáceres, M., Sol, D., Lapiedra, O. and P. Legendre. 2011. A framework for estimating niche metrics using the resemblance between qualitative resources. *Oikos* 120: 1341-1350.

De Cáceres, Miquel & Legendre, Pierre & Moretti, Marco. 2010. De Cáceres M, Legendre P, Moretti M.. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119: 1674-1684. *Oikos*. 119. 1674-1684.

Divulgados novos dados sobre o desmatamento da Mata Atlântica. 2014. SOS Mata Atlântica. Disponível em: < <https://www.sosma.org.br/17811/divulgados-novos-dados-sobre-o-desmatamento-da-mata-atlantica/>>. Acessado em: 16 de Jul. de 2019.

Faria, D., Laps, R.R., Baumgarten, J. et al. 2006. Bat and Bird Assemblages from Forests and Shade Cacao Plantations in Two Contrasting Landscapes in the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v.15, p. 587–612.

Fernandes, A.C.M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade de água: Proposta para a elaboração de índice de integridade biológica. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, p. 226.

Figueiredo, N. S. B.; Pires, M.M.; Davanso, R. C. S.; Kotzian, C.B. 2014. Diversidade de Larvas de Odonata (insetos) da Bacia do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Natura*, v. 35, n. 2, p. 84-94, jan. 2014. ISSN 2179-460X. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/12563/7974> >. Acessado em: 13 de agosto 2019.

França, J.S.; Calisto, M. 2009. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água: experiências em educação ambiental e mobilização social. *Revista Extensão*. v.2, n.1 – ISSN: 2236-6784.

Godé, L. & P. F. Peruquetti. 2015. Libélulas (Odonata) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger. *Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil)*. Boissiera, v.68, p.199-203.

Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (Eds.). 2014. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus: Editora INPA

Henle, K.; Davies, K.F.; Kleyer, M.; Margules, C., Settele, J. 2004. Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity and Conservation*, v.13, p.207-251.

Hobbs, R.J.; Higgs, E.; Harris, J. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, v.24, p.599-605.

Juen, L. & P. De Marco Jr., 2012. Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodiversity and Conservation*, 21: 3507-3521.

Juen, L. & P. De Marco Jr., 2011. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, 4: 1-10.

Kalkman, V. J. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia*, Den Haag, v. 595, p. 351-363.

Klink, Roel; Bowler, Diana E; Gongalsky, Konstantin B; Swengel, Ann B et al. 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*. Vol. 368, Issue 6489, pp. 417-420.

Lange, M.; Weisser, W.W.; Gossner, M.M.; Kowalski, E.; Türke, M.; Jöner, F.; Fonseca, C.R. 2011. The impact of forest management on litter-dwelling invertebrates: a subtropical-temperate contrast. *Biodiversity and Conservation*, v.20, p.2133-2147.

Lencioni, F.A.A. 2005. The damselflies of Brazil: an illustrated guide – The non Coenagrionidae families. All Print Editora. 332p.

Lencioni, F.A.A. 2006. The damselflies of Brazil: an illustrated guide - Coenagrionidae. All Print Editora, São Paulo, SP, 743p.

Lima, G. C. 2010 Avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo em relação à recarga de água na Sub-Bacia das Posses, Extrema (MG). Lavras: UFLA. Dissertação Mestrado.

Lobão, D. E.; Setenta, W.C.; Valle, R.R.2004. Sistema agrossilvicultural cacauero- modelo de agricultura sustentável. *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 2, p. 163-173.

Marco-Junior, P.D.; Resende, D.C. 2002. Activity patterns in termorregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologia*, v.31, p.129-138.

Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., Santos, A.C.A., Vettorazzi, C.A., 2018. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: watershed versus riparian zone. *Catena*, v.167, p. 130–138.

Mello, K.; Taniwakir. H.; De Paula, F. R.; , Valente, R. A.; Randhir,T. O.;Macedo, D. R.; Leal,C. G.;Rodrigues,B. R.; Hughes, R. M. 2020. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil,*J. Environmental. Manage.*, 270:110879

Miguel, T.B.; Oliveira-Júnior, J.M.B.; Ligeiro, R.; Juen, L. 2017. Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecological Indicators*, v.81, p. 555 – 566.

Ministério do Meio Ambiente. 2010. Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa; Brasília, p.408.

Mittermeier R.A; Turner W.R; Larsen F.W; Brooks T.M; Gascon C. 2011. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: Zachos F., Habel J. (eds) *Hotspots de biodiversidade*. Springer, Berlim, Heidelberg.

Monteiro-Júnior, C.S.; Juen, L.; Hamada, N. 2014. Landscape and Urban Planning Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. *Landscape and Urban Planning*, v.127, p. 28-40.

Monteiro-Junior. C.S. 2012. Efeitos da alteração ambiental causada pela urbanização na cidade de Manaus (AM) sobre comunidades de adultos de libélulas (Insecta:Odonata). Dissertação de Mestrado, INPA, Manaus, Amazonas.

Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-845.

Nessimian, J.L.; Venticinque, E.; Zuanon, J.; De Marco P.Jr.; Gordo, M.; Fidelis, L.; Batista, J.D.; Juen, L. 2008. Land use habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, v.614, p.117–131.

Oliveira-Júnior J.M.B, Shimano Y, Gardner AL, Hughes RM, De Marco P, Juen L. 2015. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecology* 40: 733– 744.

Oliveira-Junior, J M B; Juen, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. *Neotropical Entomology*, v. 48, p. 552-560, 2019.

Oliveira-Junior, J.M.B.; Cabette, H.S.R.; Silva-Pinto, N.; Juen, L. 2013. As Variações na Comunidade de Odonata (Insecta) em Córregos Podem ser Preditas pelo Paradoxo do Plâncton? Explicando a Riqueza de Espécies Pela Variabilidade Ambiental. *Entomo Brasilis*, v.6, p.01-08.

Ometo, J.P.H.B.; Martinelli, L.A.; Ballester, M.V.; Gessner, A.; Krusche, A.V.; Victoria, R.L.; Williams, M. 2000. Effects os land use and water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, South-east Brazil. *Freshwater Biology*, v.44, p.327-337.

Pereira, P.; Bogunovic, I.; Munoz-Rojas, M.; Brevik, E.C. 2018. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in environmental Science & Health*, v. 5, p. 7-13.

Peruquetti, P.F &. De Marco, P.Jr. 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.19, p.317-327.

Piasentin, F.B. & Góis, S.L.L. 2016. Conservação de remanescentes florestais no Brasil: considerações sobre os principais instrumentos de gestão ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v.36, p.115-134.

Pinto, Ângelo Parise; Kompier, Tom. 2018. In honor of conservation of the Brazilian Atlantic Forest: description of two new damselflies of the genus *Forcepsioneura* discovered in private protected areas (Odonata: Coenagrionidae). *Zoologia (Curitiba)*, v. 35, e21351.

Pinto, L.P.; Bedê, L.; Paese, A.; Fonseca, M.; Paglia, A.L.I. 2006. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. *Biologia da Conservação*, p.91-118.

Rocha, J.M.A; Peres, C.A et al., 2020. Habitat determinants of golden-headed lion tamarin (*Leontopithecus chrysomelas*) occupancy of cacao agroforests: Gloomy conservation prospects for management intensification. *American Journal of Primatology*. V. 82.

Rodrigues, M. E., Roque, O. F.2017. Checklist de Odonata do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 107(supl.): e2017117, 2017.

Rolim, S.G., Sambuichi, R.H.R., Schroth, G., Nascimento, M.T. & Gomes, J.M.L. 2016. Recovery of forest and phylogenetic structure in abandoned cocoa agroforestry in the Atlantic forest of Brazil. *Gestão Ambiental*, v.59, p.410-418.

Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27.

Santos, D.M.; Nunes, J.R.S.; Arruda, N.D.; Pinheiro, A.S.B.; Nunes, P.A.S.S.; Flores, A. 2018. Odonatofauna (Insecta: Odonata) do Córrego São José em Tagará da Serra- MT. Revista Gestão Universitária. ISSN: 1984-3097.

Strahler A.N.1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos Trans Am Geophys Union 38:913-920

SOS Mata Atlântica. 2018. Relatório anual 2018. São Paulo - SP. Disponível em:<[https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/07/RA\\_SOSMA\\_2018\\_DIGITAL.pdf](https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/07/RA_SOSMA_2018_DIGITAL.pdf)>. Acessado em: 12 de Agosto de 2019.

Souza, I.O.L.; Costa, J.M.; Oldrini, B.B. 2007. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G(org). Disponível em: <[http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online)>. Acessado em: 20 de Maio de 2019.

Sundar, S., Heino, J., Roque, F. de O., Simaika, J.P., Melo, A.S., Tonkin, J.D., Gomes Nogueira, D., Silva, D.P., 2020. Conservation of freshwater macroinvertebrate biodiversity in tropical regions. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*

Tilman, D.; C. Balzer, J. Hill, and B.L. Befort. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, p.20260–20264.

Villalobos-Jiménez, Giovanna & Dunn, Alison & Hassall, Christopher. 2016. Dragonflies and damselflies (Odonata) in urban ecosystems: A review. *European Journal of Entomology*, v. 113, p. 217-232.

Yu, S.; Xu, Z.; Wu, W.; Zuo, D. 2016. Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin China. *Ecological Indicators*. 60, pp. 202-212.

**Apêndice 1:** Espécies registradas para os diferentes usos da terra em áreas de Cacau-cabruca, áreas nativas e de pastagens nos córregos amostrados em uma região de Mata Atlântica na região sul da Bahia.

SUBORDEM	Família/espécie	Abundância			Abundância Total
		Cabruca	Mata	Pastagem	
ZYGOPTERA	<b>CALOPTERYGIDAE</b>				
	<i>Hetaerina longipes</i> Hagen in Selys, 1853	23	25	17	65
	<i>Hetaerina rosea</i> Selys, 1853	87	113	18	218
	<b>COENAGRIONIDAE</b>				
	<i>Acanthagrion aepiolum</i> Tennessen, 2004	85	1	0	86
	<i>Acanthagrion cuyabae</i> Calvert, 1909	0	0	2	2
	<i>Acanthagrion gracile</i> (Rambur, 1842)	1	0	5	6
	<i>Aceratobasis cornicauda</i> (Calvert, 1909)	0	1	0	1
	<i>Aceratobasis macilenta</i> (Rambur, 1842)	1	0	0	1
	<i>Aceratobasis nathaliae</i> (Lencioni, 2004)	5	0	0	5
	<i>Argia chapadae</i> Calvert, 1909	154	32	0	186
	<i>Argia hasemani</i> Calvert, 1909	0	42	24	66
	<i>Epipleoneura machadoi</i> Rácenis, 1960	0	10	14	24
	<i>Epipleoneura metallica</i> Rácenis, 1955	7	0	0	7
	<i>Forcepsioneura sancta</i> (Hagen in Selys, 1860)	1	4	3	8
	<i>Forcepsioneura serrabonita</i> Pinto, 2018	12	1	0	13
	<i>Idioneura ancilla</i> Selys, 1860	6	1	4	11
	<i>Ischnura capreolus</i> (Hagen, 1861)	4	1	44	49
	<i>Leptagrion acutum</i> Santos, 1961	0	3	0	3
	<i>Leptagrion macrurum</i> (Burmeister, 1839)	0	10	0	10
	<i>Metaleptobasis selysi</i> Santos, 1956	4	0	0	4
	<i>Neoneura ethela</i> Williamson, 1917	4	2	0	6
	<i>Neoneura sylvatica</i> Hagen in Selys, 1886	0	0	5	5
	<i>Nehalennia minuta</i> (Selys in Sagra, 1857)	0	0	4	4

	<i>Telagrion longum</i> Selys, 1876	3	1	1	5
	<i>Telebasis corollina</i> (Selys, 1876)	2	7	43	52
	<i>Telebasis willinki</i> Fraser, 1948	1	0	0	1
	<b>DICTERIADIDAE</b>				
	<i>Heliochaes amazona</i> Selys, 1853	0	8	0	8
	<b>LESTIDAE</b>				
	<i>Archilestes exoletus</i> (Hagen in Selys, 1862)	4	0	0	4
	<i>Lestes forficula</i> Rambur, 1842	0	0	8	8
	<i>Lestes tricolor</i> Erichson in Schomburgk, 1848	0	0	1	1
	<b>MEGAPODAGRIONIDAE</b>				
	<i>Heteragrion aurantiacum</i> Selys, 1862	87	203	20	310
	<i>Heteragrion beschkii</i> Hagen in Selys, 1862	0	2	0	2
	<i>Heteragrion dorsale</i> Selys, 1862	34	0	0	34
	<b>PERILESTIDAE</b>				
	<i>Perilestes fragilis</i> Hagen in Selys, 1862	6	4	2	12
<b>ANISOPTERA</b>	<b>GOMPHIDAE</b>				
	<i>Gomphoides</i> sp1 Selys, 1854	0	1	0	1
	<i>Gomphoides praevia</i> St. Quentin, 1967	1	0	0	1
	<i>Ephigomphus paludosus</i> Hagen in Selys, 1854	0	2	2	4
	<i>Progomphus</i> sp Selys, 1854	0	1	1	2
	<i>Progomphus montanus</i> Belle, 1973	0	0	2	2
	<i>Phyllogomphoides</i> Belle, 1970	0	1	1	2
	<i>Zonophora calippus</i> Selys, 1869	0	1	2	3
	<b>LIBELLULIDAE</b>				
	<i>Anatya guttata</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	5	0	2	7
	<i>Anatya januaria</i> Ris, 1911	2	0	0	2
	<i>Dasythemis essequiba</i> Ris, 1919	1	0	0	1
	<i>Dasythemis venosa</i> (Burmeister, 1839)	1	0	0	1

<i>Diastatops obscura</i> (Fabricius, 1775)	3	0	8	11
<i>Diastatops nigra</i> Montgomery, 1940	9	3	0	12
<i>Elasmotheremis alcebiadesi</i> (Santos, 1945)	6	0	0	6
<i>Elasmotheremis cannacrioides</i> (Calvert, 1906)	0	7	3	10
<i>Elga leptostyla</i> Ris, 1909	1	0	0	1
<i>Erythemis carmelita</i> Williamson, 1923	1	0	0	1
<i>Erythemis credula</i> (Hagen, 1861)	0	0	4	4
<i>Erythemis vesiculosa</i> (Fabricius, 1775)	0	1	0	1
<i>Erythrodiplax</i> sp1 Brauer, 1868	1	0	0	1
<i>Erythrodiplax</i> sp2 Brauer, 1868	2	0	0	2
<i>Erythrodiplax</i> sp3 Brauer, 1868	1	0	0	1
<i>Erythrodiplax avittata</i> Borrer, 1942	0	1	3	4
<i>Erythrodiplax castanea</i> (Burmeister, 1839)	14	0	0	14
<i>Erythrodiplax famula</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	1	0	0	1
<i>Erythrodiplax funerea</i> (Hagen, 1861)	0	3	0	3
<i>Erythrodiplax fusca</i> (Rambur, 1842)	62	9	30	101
<i>Erythrodiplax latimaculata</i> Ris, 1911	1	0	0	1
<i>Erythrodiplax leticia</i> Machado, 1996	0	0	6	6
<i>Erythrodiplax lygaea</i> Ris, 1911	1	0	1	2
<i>Erythrodiplax maculosa</i> (Hagen, 1861)	3	0	0	3
<i>Erythrodiplax media</i> Borrer, 1942	4	0	0	4
<i>Erythrodiplax paraguayensis</i> (Förster, 1905)	0	1	17	18
<i>Erythrodiplax umbrata</i> (Linnaeus, 1758)	5	2	3	10
<i>Macrothemis tenuis</i> Hagen, 1868	4	0	0	4
<i>Micrathyria atra</i> (Martin, 1897)	0	1	1	2
<i>Micrathyria artemis</i> Ris, 1911	8	0	2	10
<i>Micrathyria catenata</i> Calvert, 1909	1	0	2	3
<i>Micrathyria menegeri</i> Ris, 1919	0	0	1	1

<i>Micrathyria ungulata</i> Förster, 1907	12	0	2	14
<i>Nephepeltia phryne</i> (Perty, 1833)	1	0	0	1
<i>Oligoclada abbreviata</i> (Rambur, 1842)	1	0	0	1
<i>Oligoclada umbricola</i> Borrer, 1931	1	0	2	3
<i>Orthemis attenuata</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	3	4	2	9
<i>Orthemis discolor</i> (Burmeister, 1839)	4	1	0	5
<i>Perithemis lais</i> (Perty, 1833)	1	3	5	9
<i>Perithemis thais</i> Kirby, 1889	18	1	0	19
<i>Planiplax phoenicura</i> Ris, 1912	0	0	9	9
<i>Tauriphila argo</i> (Hagen, 1869)	0	0	1	1
<i>Uracis infumata</i> (Rambur, 1842)	2	0	0	2
<i>Zenithoptera viola</i> Ris, 1910	0	0	5	5
Abundância total	712	514	332	1558
Abundância de Zygoptera	531	471	215	1217
Abundância de Anisoptera	181	43	117	341

## **Capítulo 2**

### **Influência das variáveis ambientais e espacial sobre a diversidade de Odonata em áreas de Cacao-cabruca**

**Ilhéus**

**2021**

## 1. Introdução

A crescente perda de áreas nativas para os usos agrícolas, áreas de pastagens e áreas urbanas nas regiões tropicais tem causado sérios impactos negativos a biodiversidade, aos serviços ecossistêmicos e na disponibilidade e qualidade das águas (WWF, 2011; Mello *et al.*, 2018; Mello *et al.* 2020; Silva *et al.*, 2020). Os diferentes usos da terra são atualmente identificados como principal fonte de poluição dos ecossistemas aquáticos em todo o mundo, sendo associados a sérios impactos ecológicos pelo grande aporte de nutrientes, além da transformação das áreas do entorno dos córregos, modificando sua estrutura física e a qualidade da água nesses ambientes (Allan 2004; Cruz *et al.*, 2019; Mello *et al.*, 2020, Albert *et al.*, 2020). Essas modificações nas variáveis físicas do entorno e físico-químicas da água nos ecossistemas aquáticos são consideradas como um filtro para muitas espécies dependentes desses ambientes (Valente-Neto *et al.*, 2016, Valente-Neto *et al.*, 2018, Brasil *et al.*,2020).

No Brasil, as áreas de agricultura estão entre as principais atividades econômicas responsáveis pela degradação dos ecossistemas aquáticos (Melo *et al.*, 2020). De acordo com informações do MapBiomás (2019) 6,4% do território brasileiro é destinado a agricultura, sendo os domínios do Pampas, Cerrado e Mata Atlântica com maiores áreas destinadas a esta finalidade (Mello *et al.*, 2020). Dentre eles, o domínio Mata Atlântica, presente em 17 estados brasileiros, foi o que mais sofreu com o desmatamento, restando hoje, apenas 11% da sua floresta natural (SOS Mata Atlântica, 2019). E atualmente é considerada internacionalmente como uma das regiões prioritárias para conservação, pela sua grande diversidade biológica e o elevado grau ameaça causado pelos impactos antrópicos (Mittermeier *et al.*, 2011; Castuera-Oliveira *et al.*, 2020).

Na região sul do estado da Bahia, uma das culturas da região que tem se destacado desde o século XVIII é o cultivo de Cacau (*Theobroma cacao*). Esse tipo de cultivo tem se destacado ao longo dos anos porque além do impacto econômico da região tem contribuído para a conservação de uma parte da flora e conseqüentemente da biodiversidade associado a essas áreas (Lobão, 2007; SEI, 2019; Cabral *et al.*, 2021). O cultivo do cacau é realizado sob a sombra e na região é mantida sob o sombreamento das árvores nativas da floresta, denominada localmente como áreas de Cabruca ou Cacau-cabruca (Lobão *et al.*, 2004; Piesentin, 2011; Cassano *et al.*, 2014). Esse sistema agroflorestal representa um benefício para a conservação dos recursos naturais e a biodiversidade local, uma vez que mantém parte da floresta e estrutura da mata nativa, protegendo o solo dos processos erosivos, contribui

para manter o ciclo hidrológico e a diversidade de espécies de fauna e flora (Lobão, 2007; Cassano *et al.*, 2014).

As modificações ambientais causadas pelas atividades humanas nos ambientes nativos têm uma relação direta com a estruturação e manutenção das assembleias de organismos aquáticos, principalmente por modificar as condições ambientais físicas e físico-químicas da água desses ecossistemas e seu entorno (Malmqvist, 2002; Brasil *et al.*, 2020, Dias *et al.*, 2020, Cunha & Juen 2020). Essas modificações podem estar associadas à variação dos parâmetros abióticos, como a retirada da mata ciliar, que reduz a entrada de material alóctone, modifica o fluxo e a estrutura física dos canais (Brito *et al.*, 2018; Castro *et al.*, 2018; Andrade *et al.*, 2020). Facilitando a penetração da luz solar, aquecendo a água e alterando variáveis como pH, oxigênio dissolvido, condutividade entre outras modificações (Valente-Neto *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2020). Entender as relações das variáveis ambientais e espaciais entre as áreas de Cacau-cabruca e as espécies associada é essencial para compreendermos como esse tipo de cultura afeta a biodiversidade. Isso permite identificar e quantificar os impactos (negativos e positivos) causados pelo manejo e uso do solo, contribuindo para auxiliar nas tomadas de decisões de modo mais eficiente para proteção das espécies e seus habitats (Cunha *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

Dentre os organismos aquáticos, as libélulas tem sido amplamente utilizados em estudos que avaliam o efeito das mudanças nas variáveis ambientais sobre a biodiversidade em diferentes usos do solo (Valente-Neto *et al.*, 2016; Calvão *et al.*, 2016; Mendes *et al.*, 2021) O grupo possui espécies com uma ampla gama de tolerância a modificações nos ambientes naturais, fazendo com que ele seja amplamente utilizado como bioindicador da qualidade da água e de impactos causados ao entorno dos ecossistemas aquáticos (Oliveira-Junior & Juen, 2019; Voster *et al.*, 2020; Gómes-Tolosa *et al.*, 2021). Os odonatos são extremamente dependentes dos ecossistemas aquáticos para a oviposição e para o desenvolvimento dos imaturos e dos ecossistemas terrestres do entorno onde os adultos se alimentam, defendem seus de território para reprodução e realizam questões fisiológicas importantes como a termorregulação (De Marco *et al.*, 2015; Valente-Neto *et al.*, 2016, Rodrigues *et al.*, 2018).

Essas características ecológicas e comportamentais das espécies permitem que elas consigam refletir as características e a qualidade e integridade dos ecossistemas as quais elas se encontram (De Marco *et al.*, 2015; Oliveira-Junior *et al.*, 2015, Oliveira-Junior & Juen,

2019). Permitindo que as diferentes espécies sejam consideradas como especialistas de áreas florestadas, especialistas de áreas abertas e generalistas de habitat (Carvalho et al., 2018). Portanto, avaliar como as diferentes variáveis ambientais locais e ou espaciais estão relacionadas com as diferentes espécies de Odonata em áreas de Cacacu-cabruca, pode nós auxiliar na compreensão dos efeitos desse tipo de cultivo para a biodiversidade de Odonata, podendo o grupo ser utilizado como um “surrogate” para outros grupos de insetos aquáticos (Valente-Neto *et al.*, 2018).

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar quais as variáveis ambientais e espaciais são estruturantes para a composição das assembleias dos indivíduos adultos e imaturos de Odonata em áreas de Cacau-Cabruca. Nossa predição é que as condições ambientais locais (físicas e físico-químicas) e a distância espacial entre os pontos de amostragem atuem como filtros para as espécies consideradas mais sensíveis, como as classificadas como especialistas de floresta. E que as diferentes variáveis ambientais físicas e físico-químicas atuam de forma diferente aos grupos de espécies consideradas especialistas de áreas florestadas e especialistas de áreas abertas. As condições ambientais como quantidade de oxigênio dissolvido, condutividade, pH, integridade do habitat, abertura do dossel, entre outros podem ser variáveis determinantes na estruturação das comunidades locais (Valente-Neto *et al.*, 2016; Calvão *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018; Valente-Neto *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2019).

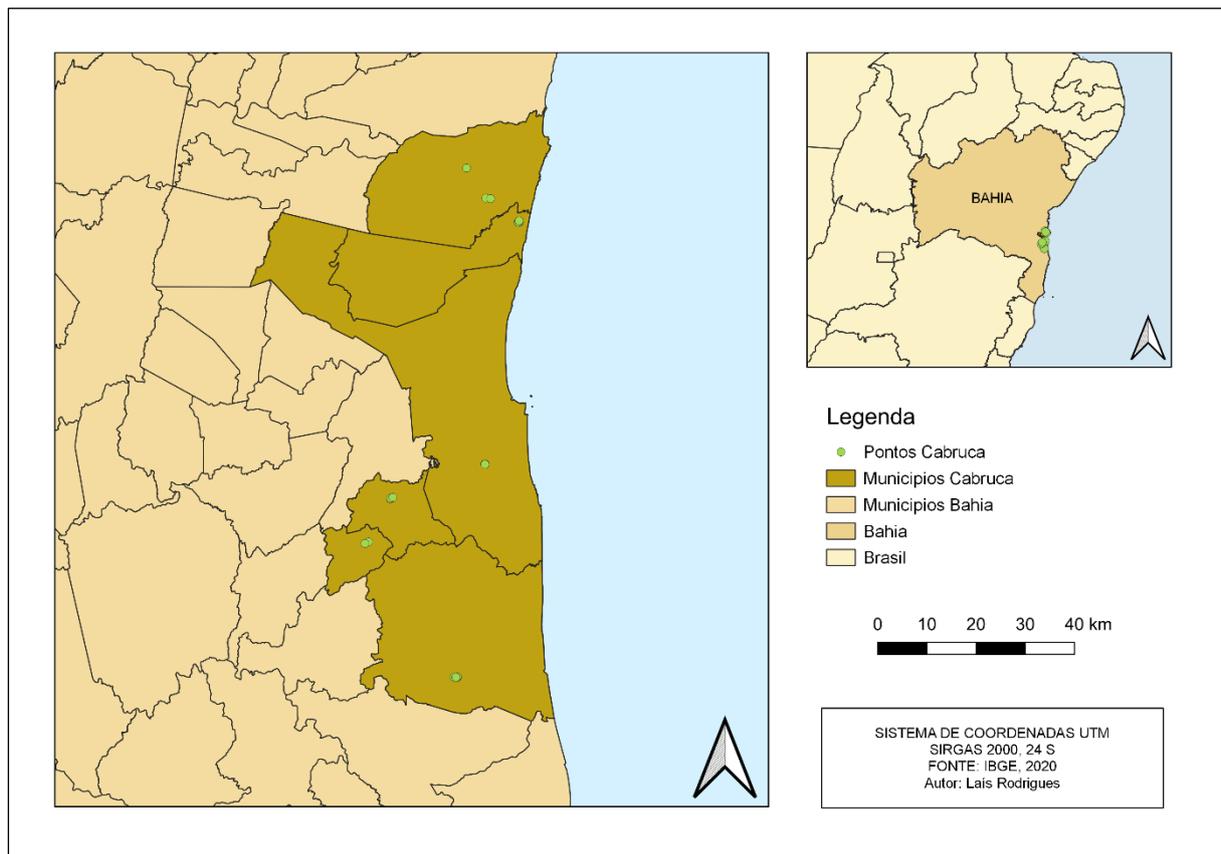
## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Área de Estudo**

A região do litoral sul do estado da Bahia tem como uma das principais atividades econômicas a agricultura (SEI, 2018). E dentre os cultivos realizados na região o cultivo de cacau é um das cinco tipos de culturas permanentes de maior relevância para a região. O clima da região é classificado de acordo com Köppen-Geiger como Clima de Floresta Tropical Af (tropical superúmido) com chuvas uniformemente distribuídas ao longo do ano. A região está inserida no domínio da Mata Atlântica, no corredor Central da Mata Atlântica, entre o sul da Bahia e o norte do Espírito Santos, onde ocorre a floresta de tabuleiros costeiros, ou florestas de tabuleiro, constituída por uma subunidade da floresta ombrófila

densa (Magalhães, 2018). São Marcadas pela elevada diversidade de espécies e grau de endemismo (Magalhães, 2018).

O estudo foi desenvolvido em cinco municípios que compõem a região Sul do estado da Bahia. Foram amostrados 21 pontos no total, sendo 04 pontos em propriedades localizadas no município de Buerarema, 08 pontos em Uruçuca, 05 pontos em Una, 02 em Itacaré e 02 em Ilhéus (Figura 01). As coletas foram realizadas em córregos de primeira e segunda ordem, entre os meses de setembro a novembro de 2019 e julho e agosto de 2020 (Figura 02). Foram selecionadas propriedades de produtores de cacau orgânico que integram a Cooperativa Cabruca. Nessas propriedades o cacau é cultivado sob a sombra das árvores nativas e se evita o uso de agrotóxicos na cultura. As propriedades são consideradas de pequeno porte, e os proprietários também mantem nas áreas uma diversificação de outras culturas como banana, açaí, cupuaçu, baunilha, dendê.



**Figura 01:** Mapa com os municípios onde foram realizadas as coletas em áreas de Cabruca.



**Imagem 02:** Pontos em fazendas de plantação de Cacau-cabruca A,B e C pontos no município de Serra Grande – BA, D ponto no município de Ilhéus – BA e E ponto no município de Una – BA.

## 2.2. Coleta de Espécimes

Para a coleta dos espécimes adultos foram traçados segmentos de 100 metros em ambas as margens dos córregos. Os indivíduos foram coletados com o auxílio da uma rede entomológica, com um esforço amostral de 01:30 hora para cada córrego amostrado. Foram realizadas duas campanhas de amostragem em cada ponto para aumentar nas amostras a representatividade das assembleias de Odonata.

Os indivíduos imaturos foram coletados em áreas de corredeira e remanso em diferentes habitats, com auxílio da rede D e peneira, abrangendo todos os compartimentos do ambiente. Foi traçado em cada córrego um segmento de 30 metros na margem e coletado 20 sub amostras de 1 metro proporcionalmente ao número de habitats registrados em cada trecho amostrados, segundo o método de Barbour *et al* (1996). Com a peneira foram feito em cada

córrego uma busca ativa, por 15 minutos, nos diferentes habitats dentro do trecho de 100 metros em áreas que não haviam sido amostradas com a rede D.

Posteriormente os espécimes foram encaminhados ao laboratório de organismos aquáticos (LOA) da Universidade Estadual de Santa Cruz para a curadoria e identificação com base em algumas chaves de identificação como Garrisson *et al.*, 2006 e 2010; Lencione 2005 e 2006 e 2017; Hamada *et al.*, 2014, entre outras. O material coletado integra a Coleção de Insetos Aquáticos da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

### **2.3. Dados Ambientais**

As variáveis ambientais foram medidas simultaneamente com a coleta dos espécimes em cada ponto amostral. Os parâmetros físico-químicos da água, temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e salinidade, foram coletados usando uma sonda Multiparâmetro (YSI Professional). As medidas de largura e profundidade, velocidade da correnteza do curso foram medidas ao longo do trecho de 30 metros, totalizando cinco medidas por ponto.

A estrutura física dos habitats nos pontos amostrais foi avaliada usando o Índice de Integridade de Habitat (IIH) proposto por Nessimian e colaboradores (2008). O índice é baseado em 12 questões, que avaliam a estrutura do córrego, em relação das características das áreas de mata, o padrão de usos do solo fora da zona de amortecimento, mecanismos de retenção, vegetação aquática, substrato e detritos. Os valores de cada métrica ao final foram transformados, seguindo a metodologia de Oliveira-Junior & Juen (2019). Dessa forma o somatório final das 12 métricas variam de 0,1 a 1, com os menores valores característico de locais com menor integridade ambiental e valores próximos a 1 característicos de locais mais íntegros ou preservados. O IIH tem sido amplamente utilizado em estudos ecológicos que avaliam a integridade dos ecossistemas aquáticos e tem se apresentado como uma boa ferramenta em estudos para avaliar essas mudanças nos ecossistemas aquáticos (Brasil *et al.*, 2020)

As coletas das variáveis da cobertura do dossel foram feitas através de registros fotográficos no centro do córrego. Dentro do segmento de 30 metros, foram subdivididos 03 segmentos a cada 10 metros. E em cada um deles foi registrado uma fotografia do dossel com uma câmera de um celular posicionado a 30cm de lâmina d'água. Totalizando 03 imagens por córrego amostrado. Posteriormente as imagens foram carregadas no software Image J onde foi calculado a quantidade de área clara e escura de cada imagem. Por meio do programa é obtida

uma imagem binária preta e branca das fotografias, diferenciando as regiões com entrada de luz da cobertura do dossel. A partir da imagem gerada, é calculado o valor da área branca da imagem, correspondendo a área de entrada de luz. Após a realização desse processo nas três imagens, foi feita uma média da quantidade de entrada de luz entre as imagens por córrego.

Para compor as informações locais dos dados de integridade da vegetação ripária em ambas as margens dos córregos, foi traçado ao longo do segmento de 30 metros 03 quadrantes em cada margem com 100 metros quadrados de área (10m x 10m). Desses 06 quadrantes foram sorteados 03 quadrantes, e em cada um deles foram coletados o número total de árvores nativas com mais de 15cm de circunferência acima do peito (CAP), e posteriormente calculamos o diâmetro a altura do peito (DAP). Também foram contados o número de indivíduos de cacau dentro de cada um dos quadrantes. Em campo, observamos que essas informações poderiam ser interessantes e ajudar a entender as relações das assembleias de Odonata nos pontos de amostragem.

Todos os valores das variáveis coletadas utilizadas nas análises é uma representação das médias entre as duas campanhas de amostragem e do número de réplicas que foram feitas em cada ponto (Tabela 01). As variáveis acima foram utilizadas como preditores ambientais por serem fundamentais na estruturação das assembleias de insetos aquáticos (Cunha *et al.*, 2015 e 2020; Valente-Neto *et al.*, 2016; Valente-Neto *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2021).

**Tabela 01:** Valores mínimos, médios, máximos e desvio padrão das variáveis ambientais locais.

<b>Variáveis</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Médio</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Desvio Padrão (SD)</b>
Largura (cm)	33,00	124,70	292,00	70,47
Profundidade (cm)	4,40	24,10	96,00	24,13
Velocidade (m/s)	2,89	21,71	64,45	19,82
Temperatura (°C)	20,00	22,22	24,70	1,01
Condutividade	29,10	60,45	90,80	21,04

Ph	5,31	6,64	8,91	0,94
Oxigênio				
Dissolvido	0,53	11,24	65,44	15,30
(mg/l)				
Salinidade	0,01	0,02	0,04	0,01
Total de árvores				
nativas	0	3,45	14,00	12,67
Total de cacau	0	19,36	41,00	3,33
CAP nativas	0	116,34	291,00	73,44
Luminosidade	62970	2878130	61450333	13082298

#### 2.4. Dados Espaciais

Para obtenção dos dados espaciais, utilizamos as coordenadas geográficas de cada córrego amostrado, para calcular os filtros espaciais. As coordenadas foram capturadas usando um GPS Garmin Etrex. A partir dessas coordenadas foi construída uma matriz de distância euclidiana, calculada a partir do pacote “vegan” (Dray *et al.*, 2016), pela função “vegdist”. Os filtros espaciais foram calculados a partir de uma análise de Coordenadas Principais de Matrizes (PCNM) e para os cálculos dos PCNM foi utilizado também o pacote “vegan”, com a função “pcnm”. Esse método permite determinar se há preditores espaciais estruturando a distribuição das assembleias de Odonata (Cunha & Juen, 2020). Para a seleção dos eixos significativos foi utilizado o pacote “adespatial” (Dray *et al.*, 2016) no programa R. Os vetores da PCNM foram submetidos a um modelo seleção de vetores *forward selection* (Blanchet *et al.*, 2008). Os vetores selecionados foram utilizados posteriormente em uma Análise de Redundância (RDA). Todos os métodos mencionados acima foram utilizados para testar a influência das variáveis espaciais para adultos e para os imaturos.

#### 2.5. Análise dos dados

A matriz de dados com a abundância dos espécimes dos adultos e imaturos foi transformada em uma matriz de abundância relativa, separadamente, pelo método de Hellinger, para diminuir o efeito de grandes abundancias (Legendre & Gallagher 2001; Legendre & Legendre 2012). Cada córrego foi considerado como uma unidade amostral, totalizando 21 unidades amostrais.

As variáveis ambientais locais físicas e físico-químicas da água foram submetidas a uma análise de correlação de Spearman com o intuito de retirar variáveis correlacionadas (>70%) e diminuir o número de variáveis que poderia estar inflando o modelo estatístico. Nenhuma variável apresentou essa relação e, portanto nenhuma foi excluída. Posteriormente, com essas variáveis foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) utilizando a distância euclidiana para avaliar a relação das mesmas com os locais de amostragem. Os eixos da PCA foram testados pelo método de *Broken stick* (Jackson, 1993) para poder determinar quais eixos seriam utilizados como variáveis ambientais e posteriormente na análise com as espécies.

As combinações entre os preditores espaciais, ambientais e a composição das assembleias de adultos e imaturos foram analisadas de forma separada. Os vetores espaciais e ambientais selecionados foram utilizados em uma Análise de Redundância (RDA) para cada um dos diferentes estágios de vida (adulto e imaturo). E a significância da RDA foi testada por uma análise de variância (ANOVA). Também ordenamos a abundância relativa das espécies dos adultos e os gêneros dos imaturos com o índice de integridade de habitat (IIH) das áreas amostradas, usando a função “generic”. Todas as análises foram feitas com o auxílio de programa R, usando o pacote “vegan” (Oksanen *et al.*, 2015) e pacote “adespatial” (Dray *et al.*, 2016).

### 3. Resultados

Foram capturados 635 indivíduos de Odonata adultos, representados em 7 famílias e 50 espécies, 469 indivíduos distribuídos em 21 espécies de Zygoptera e 166 indivíduos e 29 espécies de Anisoptera (Tabela 01). Dentre os Zygoptera coletados, os mais representativos foram: *Argia chapadae*, *Hetaerina rosea*, *Heteragrion aurantiacum*, respectivamente 154, 87 e 87. E dentre os Anisoptera foram: *Erythrodiplax fusca*, *Perithemis thais* 62 e 18.

Em relação aos imaturos foram coletados 417 espécimes, compreendendo 5 famílias e 7 gêneros de Zygoptera e 3 famílias e 24 gêneros de Anisoptera. Dentre os gêneros coletados mais representativos foram: *Homeoura* e *Heteragrion* com 36 indivíduos (Zygoptera) e *Erythemis*, *Elga* e *Epigomphus* com 42, 29 e 26 (Anisoptera).

Para as variáveis espaciais os eixos da PCNM 1,2 e 5 foram selecionados pelo método *forward selection*, correspondendo aos eixos que mais contribuíram para a explicação dos dados quando relacionados aos indivíduos adultos. PCNM2 com  $R^2$  0,199 (F= 4,97, p=0,006); PCNM1 com  $R^2$  0,116 (F=3,24, p=0,014) e PCNM5  $R^2$  0,084 (F= 0,08, p= 0,018).

Quando relacionados com os indivíduos imaturos, os eixos selecionados foram PCNM 1 e 4. PCNM 4 com  $R^2$  0,235 ( $F= 5,86$ ,  $p=0,038$ ); PCNM 1 com  $R^2$  0,114 ( $F= 3,17$ ,  $p= 0,026$ ) (Tabela 02).

**Tabela 02.** Eixos do PCNM dos preditores espaciais selecionados pelo método *forward selection* relacionados aos indivíduos adultos e imaturos entre os córregos em áreas de cabruca na região sul do estado da Bahia.

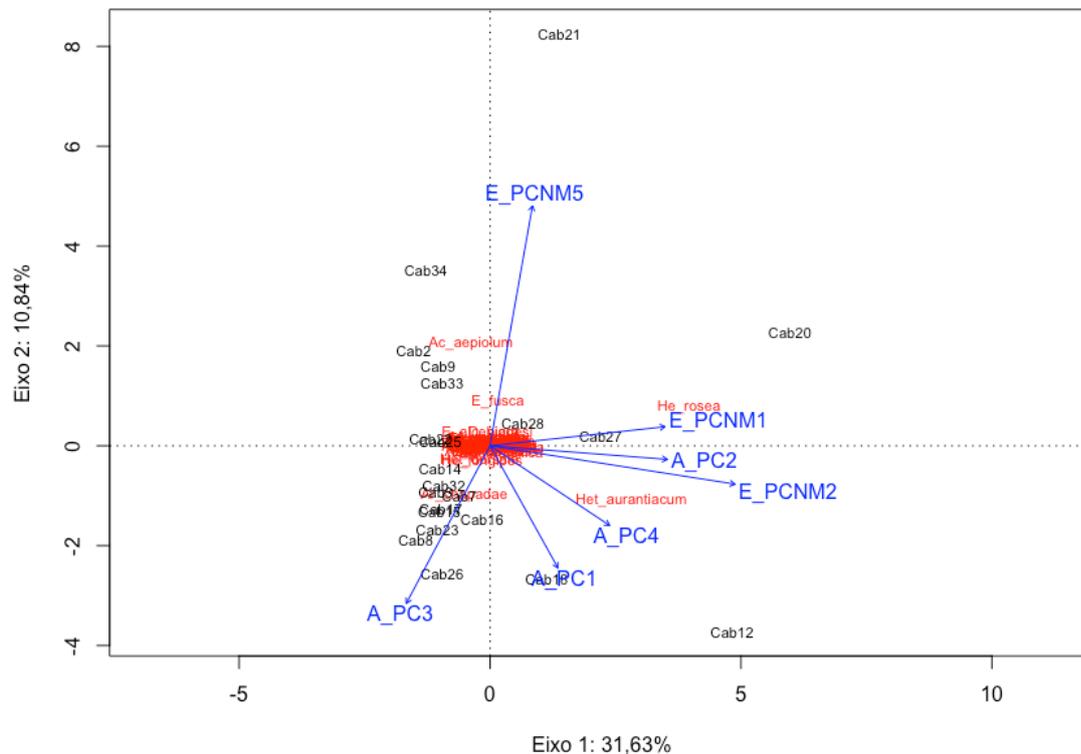
	Eixos	Ordem	$R^2$	$R^2$ Cum	Adj $R^2$ Cu m	F	pvalue
Adultos	1 PCNM2	2	0,199	0,199	0,159	4,979	0,006
	2 PCNM1	1	0,116	0,316	0,244	3,245	0,014
	3 PCNM5	5	0,084	0,400	0,300	2,536	0,018
Imaturos	1 PCNM4	4	0,235	0,235	0,195	5,867	0,038
	2 PCNM1	1	0,114	0,360	0,278	3,177	0,026

As variáveis ambientais na análise de PCA quando relacionada com os indivíduos adultos, apresentaram os primeiros quatro eixos com os valores observados maiores que o estimado pelo método *broken stick*. Os quatro eixos da PCA responderam 58,48% da proporção acumulativa. O eixo PC1 explicou 17,47%, PC2 15,11%, PC3 14,53% e PC4 11,37% (o autovalor para cada eixo foi: PC1= 4,5411; PC2= 3,9277; PC3= 3,7776 e PC4= 2,9573). Entre as variáveis que mais contribuíram em cada eixo, foram destacadas aquelas com valores maiores que 0,6. No eixo PC1 foi a condutividade (-0,684) e salinidade (-0,758), estrutura da margem (0,630). Para o eixo PC2 foi a largura do córrego (0,665). Na formação do eixo PC3 a variável profundidade (-0,679), sub-recorte nas margens (0,630), vegetação aquática (0,614) e IIH (0,727). Para o eixo PC4 as variáveis foram oxigênio dissolvido (0,785) e a luminosidade (0,686).

Para os indivíduos imaturos, os eixos que melhor responderam a análise de PCA, de acordo com o método *broken stick* foram os quatro primeiros eixos. Estes responderam 60% da proporção acumulativa da PCA. O eixo PCA1 explicou 19,43%, PCA2 16,11%, PCA3 14,51% e PCA4 10,28% (respectivamente o autovalor de cada eixo 4,8569; 4,0273; 3,6272 e 2,5712). Dentre as variáveis ambientais que mais influenciaram para a formação dos eixos com valores superiores a 0,6, tivemos para o eixo PCA1 a condutividade (-0,692) e

salinidade (-0,771) e a estrutura da margem (0,677), para o eixo PCA2 o IIIH (-0,822), eixo PCA3 a largura (0,617), a profundidade (0,772) e para o eixo PCA4 o oxigênio dissolvido (0,743) e estrutura das margens (0,644) foram as variáveis que mais contribuíram.

O resultado da Análise de Redundância (RDA) indicou que a combinação das variáveis ambientais e espaciais responderam 42,74% para a composição das assembleias de indivíduos adultos de Odonata em áreas de cabruca. O Eixo 1 explicou 31,63% e Eixo2 10,84% da variação dos dados (Figura 03). A ANOVA evidenciou que a análise de ordenação gerada pela RDA é estatisticamente significativa ( $F= 2,67$ ,  $p= 0,001$ ). Os pontos mais influenciados pelos eixos avaliados foram os sítios 18 pelo eixo 1 da PCA, sítios 08, 14, 15, 16, 17, 23, 26 e 32 pelo eixo 3 da PCA, sítios 20, 27 e 28 pelo eixo 1 da análise espacial e os sítios 02, 09, 21, 33 e 34 pelo eixo 5 da análise espacial. As espécies associadas às variáveis ambientais e espaciais foram: *Acanthagrion aepiolum* e *Erythrodiplax fusca* ao eixo espacial (PCNM5) e a *Heteragrion rosea* ao eixo espacial (PCNM1). A espécie *Heteragrion aurantiacum* ao eixo PC4 das variáveis ambientais e também a espécie *Argia chapadae* ao eixo PC3. A análise de partição das variáveis ambientais e espacial indicou que as variáveis ambientais responderam 32,75%, a variável espacial 40,06% e as duas juntas no modelo explicaram 57,25% da variação dos dados (Tabela 03).



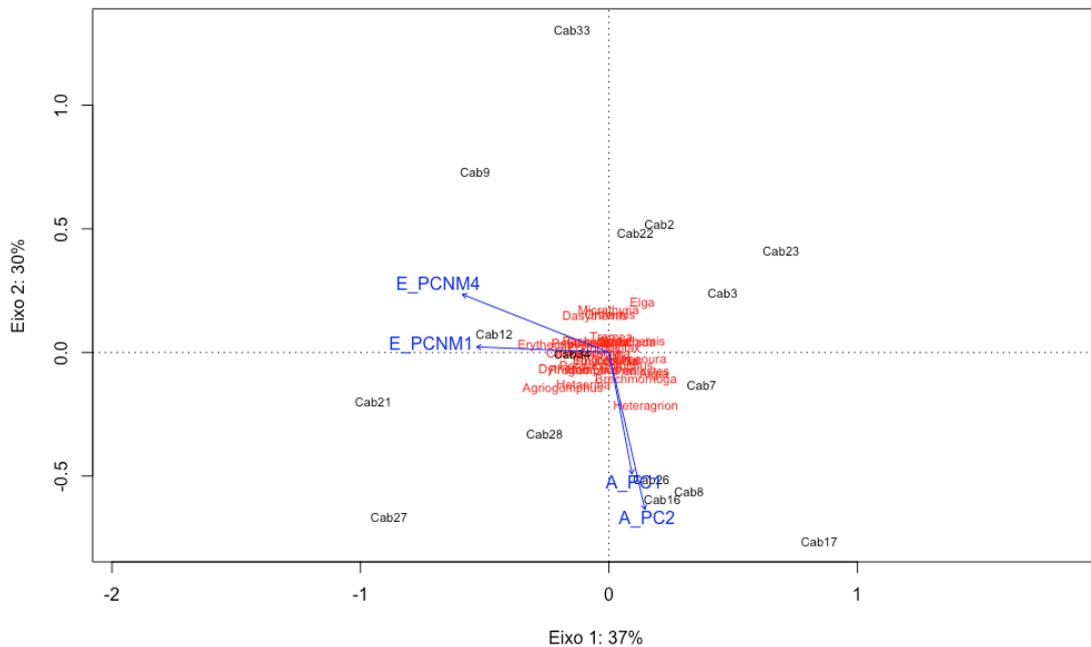
**Figura 03:** Resultado da Análise de Redundância mostrando a relação entre as variáveis espaciais, variáveis ambientais e os indivíduos adultos de Odonata.

**Tabela 03:** Partição da RDA para as variáveis ambientais e espaciais relacionadas com os adultos.

Variáveis	Df	R <sup>2</sup>	Adj.R.squared
Ambiente	4	0.32753	0.16930
Espaço	3	0.40061	0.30071
Ambiente + Espaço	7	0.57255	0.35883
Resíduo			0.64117

A partir da análise da RDA realizada com as assembleias formadas por indivíduos imaturos de Odonata e as variáveis ambientais e espaciais, foi obtido um valor de 67% de explicação (eixo 1: 37% e eixo 2: 30%). Quanto testado a ordenação gerada pelo teste da ANOVA esta demonstrou não foi significativa ( $F=0,923$ ,  $p= 0,0677$ ) (Figura 04). No entanto, vale ressaltar os gêneros que foram associados às variáveis ambientais e espaciais foram PC2 para os pontos *Agriogomphus* para o eixo PC1, *Heteragrion* para o eixo PC2, *Erythemis* para

o eixo PCNM1 e *Tramea*, *Dasythemis* e *Micrathyria* para o eixo PCNM4. Os pontos mais influenciados pelos eixos avaliados foram os sítios 08, 16 e 26 para o eixo PC2 e sítio 12 para o eixo PCNM1. A análise de partição das variáveis indicou que as variáveis ambientais responderam 12,17%, a variável espacial 5,25% e as duas explicaram 16,59% (Tabela 04).



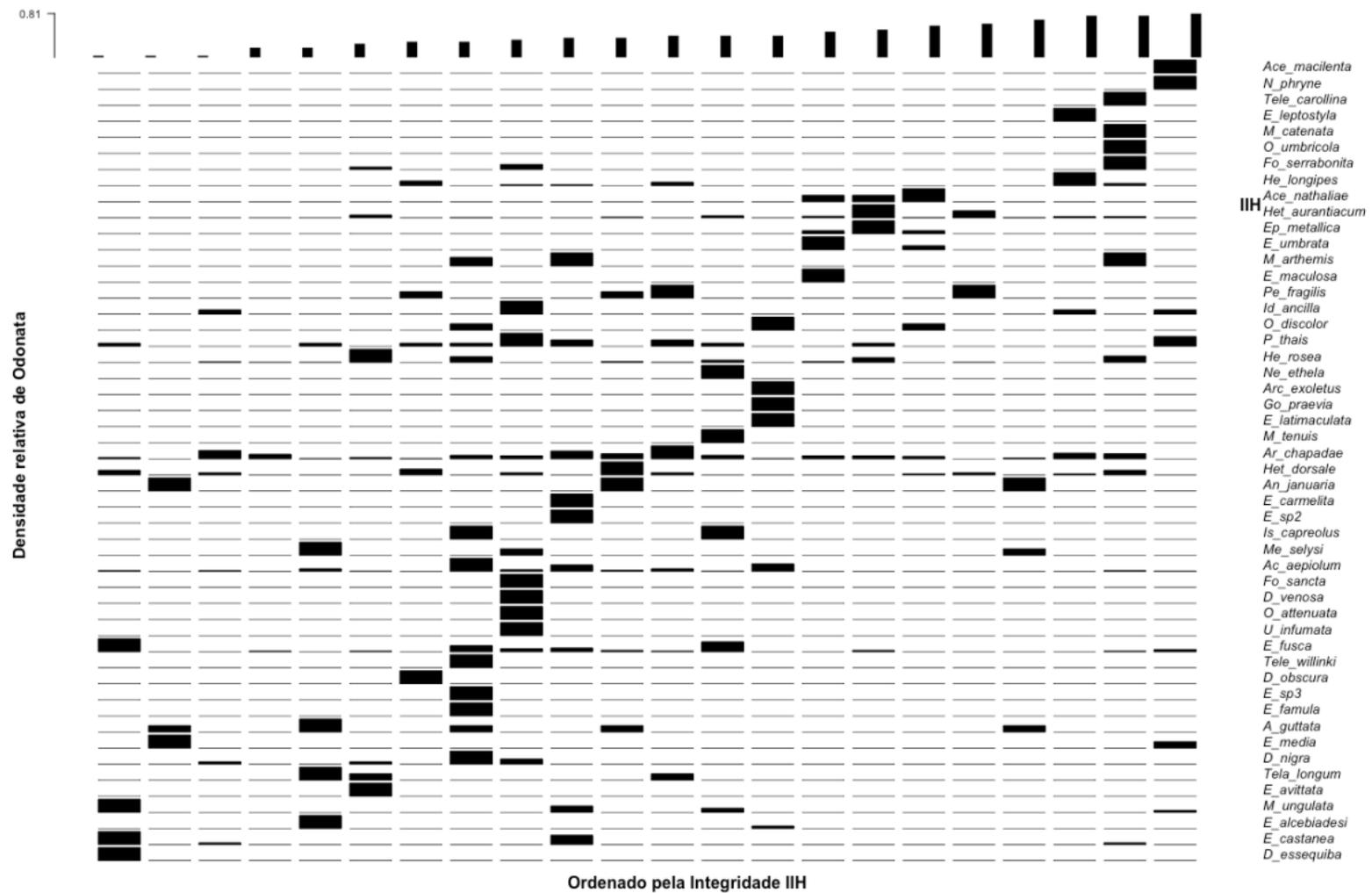
**Figura 04:** Resultado da Análise de Redundância mostrando a relação entre as variáveis espaciais, variáveis ambientais e os indivíduos imaturos de Odonata.

**Tabela04:** Partição da RDA para as variáveis ambientais e espaciais relacionadas com os indivíduos imaturos.

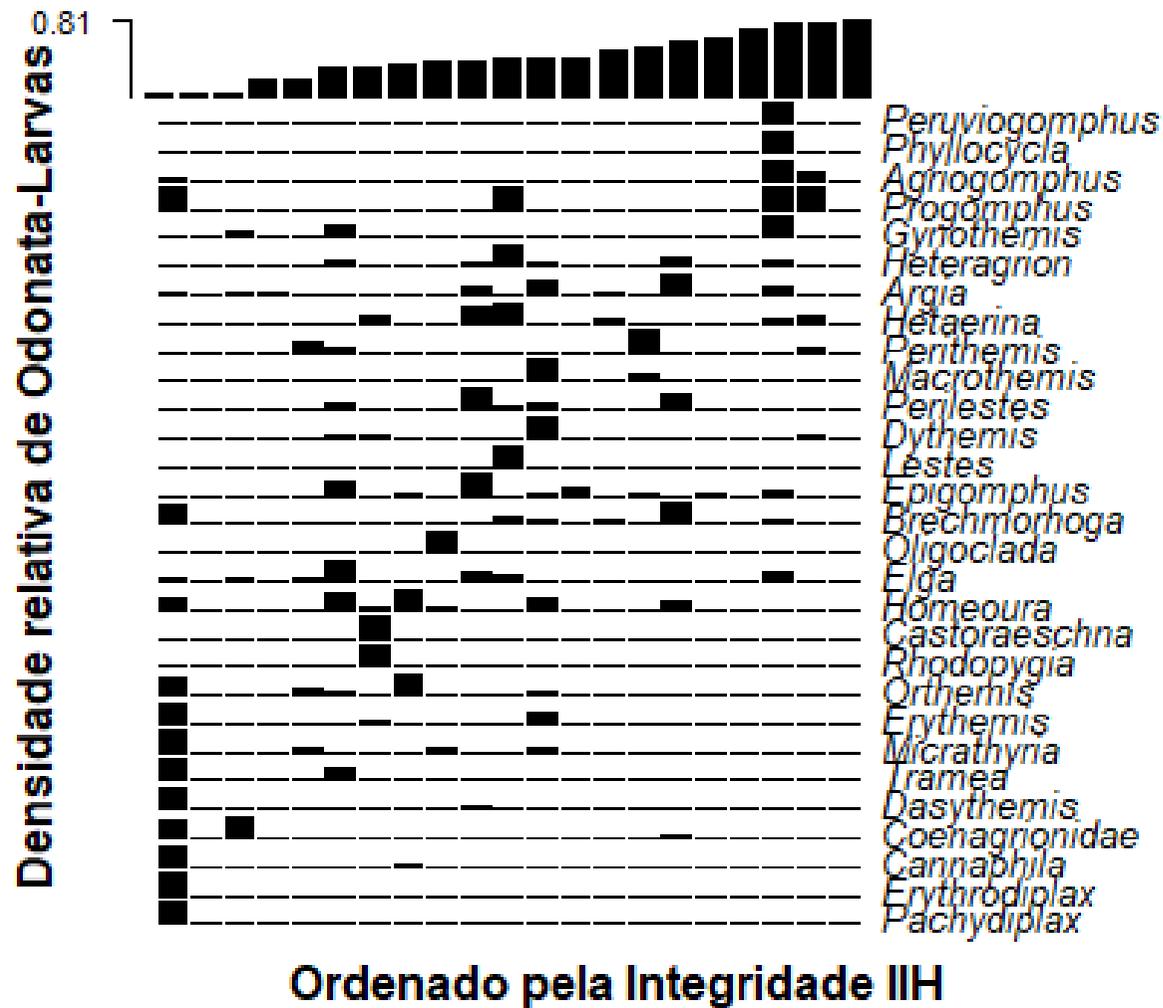
Variáveis	Df	R <sup>2</sup>	Adj.R.squared
Ambiente	2	0.12177	0.02419
Espaço	2	0.05254	-0.05273
Ambiente + Espaço	4	0.16599	-0.04251
Resíduo			1.04251

A relação da abundância relativa de Odonata com o IHH indicou uma alteração da abundância de algumas espécies em função a integridade do habitat para os indivíduos adultos

e para os imaturos (figuras 04 e 05). A presença ou ausência de algumas espécies e ou gêneros estão relacionadas com a integridade das áreas de Cacau-cabruca amostradas. Observamos que gêneros e espécies mais especialistas de áreas abertas se concentraram em locais com índice de integridade mais baixo como, por exemplo, as espécies, *Dythemis essequiba*, *Erythrodiplax castânea*, *Elasmothemis alcebiadesi* e *Erythrodiplax fusca* e os gêneros *Pachydiplax*, *Erythrodiplax*, *Cannaphila* e *Dasythemis*, localizados do lado esquerdo de ambos os gráficos (figuras 04 e 05). Os gêneros dos imaturos e espécies de adultos considerados generalistas de habitat estão representados nas faixas centrais dos gráficos, demonstrando que esses grupos podem ter uma maior tolerância as diferentes condições físicas dos ecossistemas aquáticos e áreas do seu entorno. Por fim, os gêneros e espécies consideradas mais sensíveis a mudanças no habitat, como por exemplo, as espécies, *Aceratobasis macilenta*, *Elga leptostyla*, *Oliglocada umbricola* e *Forcepsioneura serrabonita* e os gêneros *Peruviogomphus*, *Phyllocycla*, *Agriogomphus* e *Gynothemis*. São grupos que podem ser considerados especialistas de áreas de floresta, com uma maior abundância relativa em áreas de Cacau-cabruca como maior nível de integridade de habitat (figuras 05 e 06).



**Figura 05:** Gráfico da abundância relativa de indivíduos adultos de Odonata e índice de integridade de habitat para os córregos amostrados em áreas de Cacau-cabruca.



**Figura 06:** Gráfico da abundância relativa de indivíduos imaturos de Odonata e índice de integridade de habitat para os córregos amostrados em áreas de Cacau-cabruca.

#### 4. Discussão

Nossos resultados indicaram que as variáveis ambientais e espaciais nas áreas de Cabruca tem um papel importante na estruturação das assembleias de Odonata, principalmente para os adultos, corroborando com parte da predição desse estudo. Entre as variáveis ambientais que mais contribuíram para formação dos eixos da PCA se destacaram a condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido estrutura das margens, largura do córrego, sub-recortes das margens, profundidade, vegetação aquática, a integridade do habitat associado ao valor total do IHH e a luminosidade para os adultos. Para os imaturos, por mais que a ordenação não foi estatisticamente significativa quase todas as variáveis que mais contribuíram para a formação dos eixos da PCA foram as mesmas selecionadas para os adultos, excluindo apenas a vegetação aquática e o sub-recorte da margem. Enfatizando a ideia de que os diferentes estágios de vida dependem das características ambientais e que as alterações, modificações ou perdas dos habitats exercem um papel importante na estruturação das assembleias locais em áreas de Cacau-cabruca. Essas variáveis ambientais já têm sido destacadas em outros estudos na estruturação das assembleias de Odonata, em outros tipos de cultivo ou modificações ambientais (Valente-Neto *et al.*, 2016, Silva *et al.*, 2020, Gómes-Toloso *et al.*, 2021, Mendes *et al.*, 2021)

As características físicas e físico-químicas dos ambientes aquáticos e do seu entorno tem um papel fundamental na estruturação e manutenção das assembleias de Odonata (Valente-Neto *et al.*, 2016, Silva *et al.*, 2020, Gómes-Toloso *et al.*, 2021, Mendes *et al.*, 2021). Os indivíduos adultos por exemplo possuem comportamentos muito bem conhecidos de termoregulação, defesa de território para cópula, seleção de sítios para oviposição. Da mesma forma que os imaturos também possuem características morfológicas, ecológicas e comportamentais que estão intimamente associadas às características ambientais locais (Corbet, 2008, Mendes *et al.*, 2021). Portanto, as variáveis ambientais associadas a manutenção desses ecossistemas e seu entorno como quantidade de vegetação ripária, estrutura da margem, presença de vegetação aquática, estão intimamente relacionadas com outras variáveis físicas dos canais como largura, profundidade, correnteza, luminosidade. Essas variáveis podem afetar negativamente ou positivamente o comportamento ecológico e reprodutivo de algumas espécies e o desenvolvimento dos imaturos (Valente-Neto *et al.*, 2016, Carvalho *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2018, Mendes *et al.*, 2021), causando mudanças na estruturação das assembleias.

Nas áreas de Cacau-cabruca, mudanças na quantidade de vegetação ripária, aberturas do dossel, desestabilização das margens resultam no aumento de plantas vasculares nos canais, aumento na temperatura do ar e da água e aumento de sedimentos dentro do córrego (Calvão *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018, Rodrigues *et al.*, 2018), podem favorecer a abundância e permanência de espécies consideradas especialistas de áreas abertas e as generalistas de habitats (Carvalho *et al.*, 2018), como por exemplo *Perithemis thais*, *Argia chapadae*, *Ischnura capreolus*, *Epipleoneura metallica* e *Erythrodiplax castanea* (Oliveira-Junior *et al.*, 2015; Calvão *et al.*, 2016, Mendes *et al.*, 2019, 2021).

Variáveis físico-químicas da água também exercem um papel importante na estruturação das assembleias dos insetos aquáticos. A alteração dos parâmetros da água e transformações dos habitats afeta a maioria dos organismos aquáticos, incluindo Odonata (Brasil *et al.*, 2021, Mendes *et al.*, 2021). Condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido que foram as variáveis que mais se destacaram na estruturação das assembleias de Odonata (adultos e imaturos), podem ser um parâmetro para definir a escolha do local para oviposição pelos adultos e está intimamente associado a uma parte do sucesso de desenvolvimento de muitas espécies de Odonata (Corbet 2008, Hamada *et al.*, 2014). Principalmente, aquelas espécies consideradas mais sensíveis e que dependem de ambientes mais prístinos e de condições de habitats mais adequadas para seu desenvolvimento. Ambientes mais preservados possuem melhores concentrações de oxigênio dissolvido na água (Fernandes *et al.*, 2014) e, portanto, podem manter a permanência de espécies mais sensíveis como as consideradas especialista de florestas. Como, por exemplo, *Forcepioneura serrabonita*, *Perilestes fragilis* e espécies dos gêneros *Heteragrion*, *Peruviogomphus* e *Agriogomphus* (Calvão, L 2012; Consatti *et al.*, 2014; Brasil *et al.*, 2017; Luke *et al.*, 2017; Pinto, A & Kompier, T, 2018, Mendes *et al.*, 2019, 2021)

Algumas espécies foram associadas aos eixos da análise espacial. Enfatizando que a distância espacial entre os pontos de amostragem tem um papel relevante também na estruturação das assembleias de Odonata. As espécies *Acanthagrion aepiolum* e *Erythrodiplax fusca* e *Hetaerina rosea*, que são espécies consideradas como especialistas de áreas abertas (duas primeiras) e generalistas de habitat (a última) foram associadas aos filtros espaciais. Ou seja, a distância geográfica entre as áreas é um filtro positivo para essas espécies. Áreas mais próximas entre si tendem a ter uma maior representatividade dessas espécies independente das variáveis ambientais locais. E

negativo para espécimes de *Argia chapadae*, *Heteragrion aurantiacum* e dos gêneros *Perilestes* e *Heteragrion* que na ordenação foram colocadas no sentido contrário aos eixos das variáveis espaciais. Espécies mais generalistas e ou especialistas de áreas abertas e ou com maiores capacidades de dispersão geralmente são associadas aos filtros espaciais, porque os filtros ambientais não são barreiras para essas espécies (Ferreira Peruquetti e De Marco 2002; Fulan e Henry 2007; Mendes *et al.*, 2015,2021; Miguel *et al.*, 2017; Calvão *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2018).

Em relação à abundância relativa das espécies com o IIIH nas áreas de Cacau-cabruca, observamos que entre as espécies dos adultos e os gêneros dos imaturos existe um padrão similar de ocorrência. Áreas de Cacau-cabruca com os menores valores de IIIH tem uma maior abundância relativa de espécies de adultos e gêneros de imaturos formados por espécies consideradas especialistas de áreas abertas. Aquelas que são associadas a áreas com maior abertura do dossel, maior incidência solar, ambientes mais lênticos, com presença de macrofitas (Carvalho *et al.*, 2013; Calvão *et al.*,2018). Como por exemplo, *Erythrodiplax fusca*, *Erythrodiplax castanea*, *Perithemis thais* e *Telebasis carollina* para os adultos e os gêneros *Erythrodiplax*, e *Perithemis* dos imaturos. Uma grande gama de espécies teve uma distribuição da abundância relativa ao longo de todo gradiente do IIIH, estas podem ser consideradas como espécies generalistas de habitat (Guillermo-Ferreira e Del-Claro, 2011; Carvalho *et al.*, 2013) como por exemplo, *Hetaerina rosea*, *Argia chapadae*, *Micrathyria unguolata* e os gêneros *Erythrodiplax*, *Argia*, *Micrathyria*. Algumas espécies de adultos e gêneros de imaturos tiveram a abundância relativa associada às áreas com maiores valores do IIIH, como as espécies *Aceratobasis macilenta*, *Hetaerina longipes*. Geralmente consideradas como espécies especialistas de áreas florestadas. E os gêneros *Agriogomphus*, *Peruviogomphus* e espécie *Gomphidae praevia*, composto por indivíduos mais sensíveis, que necessitam de uma maior integridade ambiental e condições ambientais mais semelhantes a áreas de florestas (Resende e De Marco 2010; Cabette *et al.*, 2017).

Em geral, as áreas de Cacau-cabruca têm funcionado como ambientes que favorecem a conservação da estrutura do habitat e a colonização de espécies mais sensíveis. Sendo considerado um tipo de cultivo agrícola sustentável, evidenciado em vários estudos com outros grupos como mamíferos e aves (Faria *et al.*, 2007; Cassano *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2020; Cabral *et al.*, 2021). No entanto, ainda poucos estudos têm relacionado essas áreas com os invertebrados em geral e principalmente com os invertebrados aquáticos. Nossos resultados enfatizam que 1) as áreas de Cacau-cabruca

conseguem manter uma alta diversidade de Odonata. Mantendo nessas áreas várias espécies que geralmente são associadas a áreas mais pristinas. 2) As variáveis ambientais e espacial são determinantes na estruturação das assembleias de Odonata nas áreas de Cacau-cabruca. Áreas mais preservadas ou com maiores índices de integridade ambientais mantém assembleias com espécies mais sensíveis aos impactos antrópicos. Enquanto áreas com menores índices de integridade de habitat possuem assembleias de Odonata com espécies mais generalistas de habitat ou especialista de áreas abertas. 3) A relação das espécies com a integridade do habitat nas áreas de Cacau-cabruca é refletida na abundância relativa das espécies coletas nos diferentes sítios amostrados. Nessa perspectiva, nosso estudo ressalta que esse sistema de cultivo pode estar ajudando na conservação da biodiversidade de Odonata em áreas de Mata Atlântica. Manter uma certa integridade dessas áreas é essencial para manter grupos de espécies mais sensíveis. Vale ressaltar que a lei recentemente aprovada, nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021, institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, e incentiva à recuperação e recomposição por meio do plantio de espécies nativas ou por sistemas agroflorestais. E, portanto, pode fortalecer a importância das áreas de Cacau-cabruca como sítios mantenedores de grande diversidade de espécies e importância economia, ambiental e social.

## 5. Referências

Albert, J.S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S.M., Magurran, A.E., Oberdorff, T., Reis, R.E., Winemiller, K.O. & Ripple, W. J. 2020. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*. 50:85-94.

Allan J.D., 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology. Evolution and Systematics*, v 35, 257-84.

Brito, J.G., Roque, F.O., Martins, R.T., Hamada, N., Nessimian, J.L., Oliveira, V.C., Hughes, R.M., de Paula, F.R., Ferraz, S.F.B., 2020. Small forest losses degrade aquatic macroinvertebrate assemblages in the eastern Brazilian Amazon. *Biological Conservation*. 241, 108263.

Cabette, H.S.R., Souza, J.R., Shimano, Y. and Juen, L. Effects of changes in the riparian forest on the butterfly community (Insecta: Lepidoptera) in Cerrado areas. *Revista Brasileira de Entomologia*, 2017, 61(1), 43-50.

Cabral, J. P., Faria, D., & Morante-Filho, J. C. 2021. Landscape composition is more important than local vegetation structure for understory birds in cocoa agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 481, 118704.

Calvão, L.B., Juen, L., de Oliveira Junior, J.M.B. et al. 2018. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, v. 22, p. 675–685.

Calvão, L.B.; Nogueira, D.S.; Montag, L.F.A.; Lopes, M.A.; Juen, L. 2016. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging?, *Forest Ecology and Management*, v. 382, p. 143-150, ISSN 0378-1127.

Carvalho FG, Oliveira Roque F, Barbosa L, Assis Montag LF, Juen L .2018. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. *Animal Conservation*, v.21, p.526–533.

Carvalho, F.G; Pinto, N.S.; Oliveira-Junior, J.M.B.; Juen, L. 2013. Efeitos da remoção da vegetação marginal nas comunidades de Odonata. *Acta Limnologica Brasiliensia*. Rio Claro, v. 25, n. 1, p. 10-18.

Casatti, L. 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre uma ictiofauna. *Biota Neotropica*. Campinas, v. 10, n. 4, p. 31-34.

Cassano, CR, Schroth, G., Faria, D. et al. 2014. Desafios e recomendações para a conservação da biodiversidade na região cacaueteira do sul da Bahia. *Boletim tecnico nº 205*. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus.

Cassano, CR, Schroth, G., Faria, D. et al. 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v.18, p. 577–603.

Castuera-Oliveira, L; Oliveira-Filho, A. T; Eisenlohr, P.V. 2020. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. *Acta Botânica Brasilica*, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, pág. 117-134.

Connell, JH., 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, v. 199, p.1302-1310.

Corbet, P. S.; May, M. L. 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal the flier/percher template. *International Journal of Odonatology*, n. 11, 155-171.

Cruz, M.A.S., Gonçalves, A.A., Aragão, R., Amorim, J.R.A., Mota, P.V.M., Srinivasan, V. S., Garcia, C.A.B., Figueiredo, E.E., 2019. Spatial and seasonal variability of the water quality characteristics of a river in Northeast Brazil. *Environmental Earth Sciences* 78.

Cunha, E. J. & L. Juen, 2020. Environmental drivers of the metacommunity structure of insects on the surface of tropical streams of the Amazon. *Austral Ecology*.

Cunha, E.J., de Assis Montag, L.F., Juen, L., 2015. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteroptera (Hemiptera) species diversity. *Ecol. Ind.* 52, 422–429.

De Cáceres, Miquel & Legendre, Pierre & Moretti, Marco. 2010. De Cáceres M, Legendre P, Moretti M.. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119: 1674-1684. *Oikos*. 119. 1674-1684.

Divulgados novos dados sobre o desmatamento da Mata Atlântica. 2014. SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/17811/divulgados-novos-dados-sobre-o-desmatamento-da-mata-atlantica/>>. Acessado em: 16 de Jul. de 2019.

Dray, S., P. Legendre & G. Blanchet, 2016. packfor: Forward selection with permutation (Canoco p. 46). R-Forge, The R project for statistical computing.

Dray, S., P. Legendre & P. R. Peres-Neto, 2006. Spatial modelling, a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling* 196: 483–493.

Faria, D., Laps, R.R., Baumgarten, J. et al. 2006. Bat and Bird Assemblages from Forests and Shade Cacao Plantations in Two Contrasting Landscapes in the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v.15, p. 587–612.

Fernandes, A.C.M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade de água: Proposta para a elaboração de índice de integridade biológica. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, p. 226.

Ferreira, AS, Peres, CA, Dodonov, P. et al. 2020. Multi-scale mammal responses to agroforestry landscapes in the Brazilian Atlantic Forest: the conservation value of forest and traditional shade plantations. *Agroforest Syst* 94, 2331–2341.

Guillermo-Ferreira, R. and Del-Claro, K. 2011. Resource defense polygyny by *Hetaerina rosea* Selys (Odonata: Calopterygidae): influence of age and wing pigmentation. *Neotropical Entomology*, vol. 40, no. 1, p. 78-84.

Godé, L. & P. F. Peruquetti. 2015. Libélulas (Odonata) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger. *Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil)*. Boissiera, v.68, p.199-203.

Gómez-Tolosa, M., Rivera-Velázquez, G., Rioja-Paradela, TM et al. 2021. O uso de espécies de Odonata para avaliação ambiental: uma meta-análise para a região Neotropical. *Environ Sci Pollut Res* 28, 1381–1396.

Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. 2014. *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora INPA

Jackson, D.A., 1993. Stopping rules in principal components analysis, a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74, 2204–2214.

Juen, L. & P. De Marco Jr., 2012. Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodiversity and Conservation*, 21: 3507-3521.

Juen, L. & P. De Marco Jr., 2011. Odonate biodiversity in terra- $\square$ rme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, 4: 1-10.

Kalkman, V. J. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia*, Den Haag, v. 595, p. 351-363.

Klink, Roel; Bowler, Diana E; Gongalsky, Konstantin B; Swengel, Ann B et al. 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*. Vol. 368, Issue 6489, pp. 417-420.

Legendre, P., 2014. Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 23: 1324–1334.

Legendre, P., Legendre, L., 2012. *Numerical Ecology*. Elsevier, pp. 1006.

Lei Nº 14.119, de 13 de Janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n os 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Visto em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>> Acessado em: 20 de Jan. de 2021.

Lencioni, F.A.A. 2005. *The damselflies of Brazil: an illustrated guide – The non Coenagrionidae families*. All Print Editora. 332p.

Lencioni, F.A.A. 2006. *The damselflies of Brazil: an illustrated guide - Coenagrionidae*. All Print Editora, São Paulo,SP, 743p.

Lobão, D. E.; Setenta, W.C.; Valle, R.R.2004. Sistema agrossilvicultural cacaeiro-modelo de agricultura sustentável. *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 2, p. 163-173.

Luke, S. H., R. A. Dow, S. Butler, C. Vun Khen, D. C. Aldridge, W. A. Foster & E. C. Turner, 2017. The impacts of habitat disturbance on adult and larval dragonflies (Odonata) in rainforest streams in Sabah, Malaysian Borneo. *Freshwater Biology* 62: 491–506.

Magalhães, J.H.R. 2018. Estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de floresta madura nos tabuleiros costeiros do extremo sul da Bahia, Brasil. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.)* 40(2)

Malmqvist, B., & Rundle, S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, v.29, p.134-153.

Mello, K., Valente, R.A., Randhir, T.O., Santos, A.C.A., Vettorazzi, C.A., 2018. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: watershed versus riparian zone. *Catena*, v.167, p. 130–138.

Mello, K.; Taniwakir. H.; De Paula, F. R.; , Valente, R. A.; Randhir, T. O.; Macedo, D. R.; Leal, C. G.; Rodrigues, B. R.; Hughes, R. M. 2020. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil, *J. Environmental. Manage.*, 270:110879.

Mendes, T. P., N. L. Benone & L. Juen, 2019. To what extent can oil palm plantations in the Amazon support assemblages of Odonata larvae? *Insect Diversity and Conservation* 12: 448–458.

Mendes, T.P; Fogac, L, Alvarado, S.T, Juen, L. 2021 .Assessing habitat quality on alpha and beta diversity of Odonata larvae (Insect) in logging areas in Amazon forest. *Hydrobiologia*

Mittermeier R.A; Turner W.R; Larsen F.W; Brooks T.M; Gascon C. 2011. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: Zachos F., Habel J. (eds) *Hotspots de biodiversidade*. Springer, Berlim, Heidelberg.

Nessimian, J.L.; Venticinque, E.; Zuanon, J.; De Marco P.Jr.; Gordo, M.; Fidelis, L.; Batista, J.D.; Juen, L. 2008. Land use habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, v.614, p.117–131.

Oksanen, J.F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Dan McGlenn, P.L., Minchin, P.R., OHara, R.B., Simpson, G.L., Solymos P., Stevens, M.H.H., Szoecs E., Wagner, H., 2017. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Oliveira-Junior JMB, Shimano Y, Gardner TA, Hughes RM, Marco Junior P, Juen L. 2015. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecol* 40: 733–744.

Oliveira-Júnior, J. M. B. & L. Juen, 2019. The Zygoptera/Anisoptera ratio (Insecta: Odonata): a new tool for habitat alterations assessment in Amazonian streams. *Neotropical Entomology* 48: 552–560.

Piasentin, Flora Bonazzi. O sistema cabruca no sudeste da Bahia: perspectivas de sustentabilidade. 2011. 229 f., il. Tese(Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília.

Peruquetti, P.S.F and De Marco Junior, P. 2002. Efeito da alteração ambiental sobre a comunidade de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 19, p. 317-327.

Pinto, Ângelo Parise; Kompier, Tom. 2018. In honor of conservation of the Brazilian Atlantic Forest: description of two new damselflies of the genus *Forcepsioneura* discovered in private protected areas (Odonata: Coenagrionidae). *Zoologia (Curitiba)*, v. 35, e21351.

Pinto, L.P.; Bedê, L.; Paese, A.; Fonseca, M.; Paglia, A.L.I. 2006. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. *Biologia da Conservação*, p.91-118.

Rodrigues, M. E., Roque, F. O., Ferreira, R. G. N., Saito, Victor S., Samways, M. J. 2018. Egg-laying traits reflect shifts in dragonfly assemblages in response to different amount of tropical forest cover. *Insect Conservation and Diversity*, v. 11, p. 01-10.

Superintendência de Estudos Econômicos da Bahia. Indicadores territoriais: Território Identidade Litoral Sul da Bahia. 2019. Visto em: <[https://www.sei.ba.gov.br/images/informacoes\\_por/territorio/indicadores/pdf/litoralsul.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/images/informacoes_por/territorio/indicadores/pdf/litoralsul.pdf)> Acessado em: 12 de Jan. de 2021.

Valente-Neto F, De Oliveira RF, Rodrigues ME et al (2016) Toward a practical use of Neotropical odonates as bioindicators: testing congruence across taxonomic resolution and life stages. *Ecological Indicators* 61: 952–959.

Valente-Neto F, Rodrigues ME, Roque F d O (2018) Selecting indicators based on biodiversity surrogacy and environmental response in a riverine network: bringing operability to biomonitoring. *Ecological Indicators* 94:198–206.

WWF .2011. Living Forest Report WWF , Washington.

**Apêndice 1:** Espécies registradas nas áreas de Cacau-cabruca, nos córregos amostrados na região sul da Bahia.

<b>SUBORDEM</b>	<b>Família/espécie</b>	<b>Abundância</b>
<b>ZYGOPTERA</b>	<b>CALOPTERYGIDAE</b>	<b>Cabruca</b>
	<i>Hetaerina longipes</i> Hagen in Selys, 1853	22
	<i>Hetaerina rosea</i> Selys, 1853	69
	<b>COENAGRIONIDAE</b>	
	<i>Acanthagrion aepiolum</i> Tennessen, 2004	84
	<i>Acanthagrion gracile</i> (Rambur, 1842)	1
	<i>Aceratobasis macilenta</i> (Rambur, 1842)	1
	<i>Aceratobasis nathaliae</i> (Lencioni, 2004)	4
	<i>Argia chapadae</i> Calvert, 1909	141
	<i>Epiploneura metallica</i> Rácenis, 1955	7
	<i>Forcepsioneura sancta</i> (Hagen in Selys, 1860)	1
	<i>Forcepsioneura serrabonita</i> Pinto, 2018	7
	<i>Idioneura ancilla</i> Selys, 1860	6
	<i>Ischnura capreolus</i> (Hagen, 1861)	4
	<i>Metaleptobasis selysi</i> Santos, 1956	4
	<i>Neoneura ethela</i> Williamson, 1917	1
	<i>Telagrion longum</i> Selys, 1876	3
	<i>Telebasis corollina</i> (Selys, 1876)	2
	<i>Telebasis willinki</i> Fraser, 1948	1
	<b>LESTIDAE</b>	
	<i>Archilestes exoletus</i> (Hagen in Selys, 1862)	4
	<b>MEGAPODAGRIONIDAE</b>	
	<i>Heteragrion aurantiacum</i> Selys, 1862	68
	<i>Heteragrion dorsale</i> Selys, 1862	34
	<b>PERILESTIDAE</b>	

<b>ANISOPTERA</b>	<i>Perilestes fragilis</i> Hagen in Selys, 1862	6
	<b>GOMPHIDAE</b>	
	<i>Gomphoides praevia</i> St. Quentin, 1967	1
	<b>LIBELLULIDAE</b>	
	<i>Anatya guttata</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	6
	<i>Anatya januaria</i> Ris, 1911	3
	<i>Dasythemis essequiba</i> Ris, 1919	1
	<i>Dasythemis venosa</i> (Burmeister, 1839)	1
	<i>Diastatops obscura</i> (Fabricius, 1775)	2
	<i>Diastatops nigra</i> Montgomery, 1940	8
	<i>Elasmothemis alcebiadesi</i> (Santos, 1945)	6
	<i>Elga leptostyla</i> Ris, 1909	1
	<i>Erythemis carmelita</i> Williamson, 1923	1
	<i>Erythrodiplax</i> sp1 Brauer, 1868	1
	<i>Erythrodiplax</i> sp2 Brauer, 1868	1
	<i>Erythrodiplax</i> sp3 Brauer, 1868	1
	<i>Erythrodiplax castanea</i> (Burmeister, 1839)	14
	<i>Erythrodiplax famula</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	1
	<i>Erythrodiplax fusca</i> (Rambur, 1842)	57
	<i>Erythrodiplax latimaculata</i> Ris, 1911	1
	<i>Erythrodiplax lygaea</i> Ris, 1911	1
	<i>Erythrodiplax maculosa</i> (Hagen, 1861)	3
	<i>Erythrodiplax media</i> Borrer, 1942	4
	<i>Erythrodiplax umbrata</i> (Linnaeus, 1758)	4
	<i>Macrothemis tenuis</i> Hagen, 1868	4
	<i>Micrathyria artemis</i> Ris, 1911	8
	<i>Micrathyria catenata</i> Calvert, 1909	1
<i>Micrathyria unguolata</i> Förster, 1907	12	

<i>Nephepeltia phryne</i> (Perty, 1833)	1
<i>Oligoclada umbricola</i> Borrer, 1931	3
<i>Orthemis attenuata</i> (Erichson in Schomburgk, 1848)	3
<i>Orthemis discolor</i> (Burmeister, 1839)	4
<i>Perithemis thais</i> Kirby, 1889	17
<i>Uracis infumata</i> (Rambur, 1842)	2
<hr/>	
Abundância Total	635
Abundância de Zygoptera	469
Abundância de Anisoptera	166
<hr/>	

**Apêndice 2:** Gêneros registrados nas áreas de Cacau-cabruca, nos córregos amostrados na região sul da Bahia.

<b>Zygoptera</b>	<b>Gênero</b>	<b>Larva</b>
	<i>Hetaerina</i>	15
	<i>Coenagrionidae</i>	26
	<i>Argia</i>	22
	<i>Homeoura</i>	36
	<i>Lestes</i>	3
	<i>Heteragrion</i>	36
	<i>Perilestes</i>	30
<b>Anisoptera</b>		
	<i>Castoraeschna</i>	1
	<i>Agriogomphus</i>	11
	<i>Epigomphus</i>	26
	<i>Peruviogomphus</i>	2
	<i>Phyllocycla</i>	1
	<i>Progomphus</i>	4
	<i>Brechmorhoga</i>	16
	<i>Cannaphila</i>	12
	<i>Dasythemis</i>	17
	<i>Dythemis</i>	13
	<i>Elga</i>	29
	<i>Erythemis</i>	42
	<i>Erythrodiplax</i>	1
	<i>Gynothemis</i>	10
	<i>Macrothemis</i>	4
	<i>Micrathyria</i>	8
	<i>Oligoclada</i>	1
	<i>Orthemis</i>	20
	<i>Pachydiplax</i>	7
	<i>Perithemis</i>	8
	<i>Rhodopygia</i>	1
	<i>Tramea</i>	15

---

Abundância	Total	417
Abundância	Zygoptera	168
Abundância	Anisoptera	249

---

### **3. Considerações Finais**

Os estudos realizados por essa pesquisa demonstraram que as mudanças do uso da terra também contribuem para a modificação da diversidade de Odonata. Usos como as áreas naturais e agricultura de manejo sustentáveis como as áreas de cabruças, são importantes para conservação da biodiversidade, principalmente das espécies mais sensíveis, como as especialistas de áreas florestadas. Os nossos resultados também reafirmam que a ordem de Odonata funcionam como um importante indicador das modificações de uso da terra e que as características ecofisiológicas dos diferentes grupos, como as especialistas de áreas florestadas, especialista de áreas abertas e generalistas de habitats, são importantes para compreender as respostas das espécies frente as mudanças ambientais. Essas características contribuem para a utilização da ordem como bioindicador, auxiliando na conservação de outros grupos de invertebrados aquáticos. Por fim, a proteção das áreas nativas e o incentivo a formas de cultivo mais sustentáveis, principalmente na região do domínio da Mata Atlântica é uma das alternativas que devem ser mantidas como um dos caminhos para a conservação da biodiversidade de Odonata.