



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA HÍDRICA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

ANEXO II

PROJETO DETALHADO

IDENTIFICAÇÃO

Título da Proposta: Desenvolvimento Sustentável e Conservação da Biodiversidade da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia: **Projeto Piloto**

Instituição Proponente: **Associação Aliança Tropical de Pesquisa da Água**

CNPJ: 39.904.835/0001-01

Endereço: SGCV lote 13, bloco B, apto. 313

CEP: 71215-630

Telefone: 61 999784041

Responsável pela Instituição Proponente:

Nome: José Francisco Gonçalves Júnior

CPF: 024060437-70 RG:09868945-8 IFP/RJ

Endereço: SGCV lote 27/30, Bloco H Apto. 406, Guará-DF

CEP: 71215-770

Telefone: 61 999784041

E-mail: jfgjunior@gmail.com

Responsável pelo Projeto:

Nome: Hidelano Delanusse Theodoro

Endereço: SGCV lote 13, bloco B, apto. 313

CEP: 71215-630

Telefone: 61 999784041

E-mail: hidelano@yahoo.com

Fevereiro de 2020

1. Resumo

O objetivo geral da Aliança Tropical de Pesquisa da Água (Tropical Water Research Alliance – TWRA) é desenvolver tecnologias ambientais e oferecer apoio metodológico compartilhado para o desenvolvimento do manejo integrado e sustentável de bacias hidrográficas tropicais, através do treinamento de equipes e mitigação dos efeitos da degradação ambiental e mudanças climáticas. Como objetivos específicos a serem perseguidos a médio e curto prazos destacamos: (i) Aplicar protocolos científicos integrados e compartilhados (estudos de caso) entre os grupos de pesquisas no Brasil e Austrália; (ii) Desenvolver ferramentas de gestão integrada (Governança) de bacias hidrográficas tropicais unindo academia, organizações públicas e privadas e diferentes setores da sociedade na perspectiva de desenvolvimento sustentável (p.ex. cidades inteligentes, agroflorestais, reuso da água, pagamento por serviços ambientais); (iii) Elaborar um programa de incubação de *Startups* técnicas, para responder diferentes demandas sociais e governamentais, incluindo desastres ambientais (p.ex. Mariana e Brumadinho), crises ambientais (p.ex. falta de água), poluição urbana e esgotamento de recursos hídricos, através da criação, análise e organização de um banco de dados com amplitude internacional; (iv) Avançar em um programa de capacitação pública e privada, desenvolvimento de tecnologias sociais, aplicação de conhecimentos científicos e geração de renda sustentável em nível de bacia hidrográfica (Ponte Ciência-Sociedade). Este projeto terá como meta o avanço quantitativo e qualitativo no conhecimento científico, fortalecendo as estratégias de reflorestamento, recuperação e restauração hidro ambiental e favorecendo o desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas nos dois países (Brasil e Austrália). Além disso, tem-se como expectativa futura auxiliar e subsidiar as políticas públicas visando estratégias de conservação e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, através de comitês e agências de bacias hidrográficas, gestores públicos e tomadores de decisão.

A TWRA pretende promover uma abordagem integrada para realização de pesquisa e gestão de bacias hidrográficas no Brasil e na Austrália em conjunto com setores da sociedade (governamental, acadêmico, privado). Esta perspectiva vem sendo estabelecida e discutida em diversos setores como observado no Fórum Mundial da Água (Brasília - março de 2018), pela ONU através do Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS-Agenda 2030) e na Ação Internacional da Década “Água para o Desenvolvimento Sustentável” (2018-2028; <http://www.un.org/en/events/waterdecade/>) e da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTIC-Brasil, 2016). Diante disso, esta proposta foi elaborada no âmbito de parceiros em universidades, institutos de pesquisa e autarquias públicas brasileiras e australianas, na busca da

construção de um “think tank” para entender e propor soluções para o uso sustentável da água e dos recursos naturais e humanos em bacias hidrográficas tropicais. Esta perspectiva será traduzida em ações de capacitação nos vários níveis sociais e acadêmicos, no desenvolvimento de soluções integradas e sustentáveis para políticas públicas, e na aplicação do conhecimento científico para a solução de problemas e geração de renda sustentável.

As pesquisas da TWRA fomentarão o desenvolvimento de modelos preditivos e integrados, orientando ações para fazer frente às mudanças globais em grandes escalas espaciais e temporais nos trópicos do Hemisfério Sul (Objetivo I). Essa escala refere-se não somente à extensão espacial e temporal coberta (grande área de estudo, longos períodos de tempo), mas ao tamanho da amostragem quantitativa e/ou qualitativas (desde coletas intensas de dados em locais de amostragem até ampla distribuição em biomas tropicais). Além disso, serão desenvolvidos e aplicados protocolos de pesquisa padronizados (*estudos de caso*), que permitirão uma avaliação comparativa e robusta do funcionamento dos ecossistemas, além de orientar ações de restauração.

Serão desenvolvidas ferramentas para a elaboração de planos de gestão em escalas local (zonas ripárias) e regional (bacias hidrográficas). Essa perspectiva facilitará e fortalecerá a gestão integrada dos recursos naturais, detectando áreas relevantes e/ou vulneráveis para a conservação e restauração ambiental, essenciais para um planejamento e gestão de bacias hidrográficas em longo prazo (Objetivo II). Essa abordagem também fornece os meios para identificar, quantificar e valorar os serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas no Brasil e na Austrália, usando-os como ferramenta para alavancar investimentos na conservação e restauração de ecossistemas degradados. As inovações propostas não se restringem apenas aos protocolos de pesquisa, mas também incluem o desenvolvimento de ferramentas, produtos, metodologias e diretrizes técnicas para gestores e tomadores de decisão (Objetivo III).

O esforço coordenado da rede de pesquisa que forma a TWRA permitirá o desenvolvimento de tecnologias e metodologias inovadoras relacionadas à amostragem, organização, processamento, treinamento, análise e modelagem de ‘big data’. Outro elemento fundamental será a construção de uma visão transdisciplinar dos problemas da água, incluindo a capacitação de gestores e partes interessadas, o aperfeiçoamento e a pós-graduação de profissionais de diversas áreas convergentes nesta temática. Finalmente, a transferência de tecnologias ambientais deverá ocorrer através de uma forte cooperação entre os pesquisadores, os gestores ambientais e a sociedade em geral, disseminando informações e tecnologias, em via de mão dupla, por meio de um processo de retroalimentação (Objetivo IV).

A equipe da TWRA no Brasil é formada por 130 pesquisadores de mais de 30 áreas do conhecimento (p.ex., administradores, agrônomos, biólogos, biotecnólogos ecólogos, economistas, geógrafos, geólogos, físicos, químicos, limnólogos, oceanógrafos, sociólogos e engenheiros). A equipe brasileira envolvida na TWRA (e detalhada na tabela 5 descrita na página 117) está distribuída nas cinco regiões do Brasil, através de 10 estados e 58 instituições, incluindo universidades federais, estaduais e privadas, instituições governamentais, ONGs e Comitê da Bacia Hidrográfica. Esta equipe interdisciplinar resolverá interativamente várias questões e problemas de relevância nacional e internacional, contribuindo para o desenvolvimento da ciência da água do século XXI, onde serão buscadas fontes sustentáveis de financiamento nos setores público e privado por meio de produtos e serviços da TWRA.

2. Aliança Tropical de Pesquisa da Água -TWRA

O conceito inicial de Aliança Tropical de Pesquisa da Água (*Tropical Water Research Alliance - TWRA*) entre o Brasil e a Austrália foi proposto pela *Austrade and Trade Investment Queensland* (TIQ) em 2013, para promover o intercâmbio comercial e acadêmico, além de proporcionar uma oportunidade para a formação de uma nova geração de profissionais sob uma perspectiva globalizada. Uma das áreas prioritárias identificadas por eles foi o Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde o *Australian Rivers Institute (ARI)* da *Griffith University* foi identificado como a instituição capaz de realizar este trabalho e, posteriormente, convidada a liderar o desenvolvimento desta iniciativa pelo lado australiano.

Após discussões iniciais na conferência da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, em 2013, e na Semana Latino-Americana da Água, no início de 2015, uma delegação de cientistas seniores australianos, liderada pelo *ARI*, visitou o Brasil em julho de 2015 para explorar oportunidades de colaboração em ciência e gestão de águas tropicais. Eles se reuniram com agências de fomento e treinamento à pesquisa nos níveis Federal (CNPq, CAPES) e estadual (FAPESP, FAPEMIG, FAPERJ, FAPEAM, SECTES), agências de água e meio ambiente (incluindo ANA e agências estaduais em São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Brasília), federações industriais (FIESP, FIEMG) e grupos chaves de pesquisa com interesse em ciências da água (USP, UFMG, UFRJ, UERJ, UnB, INPA).

Em novembro de 2015, a *Austrade* organizou um workshop com a Secretaria de Meio Ambiente e Água em São Paulo e uma sessão especial na conferência da Associação de Recursos Hídricos do Brasil (ABRH) em Brasília. Outras discussões também foram realizadas com pesquisadores da USP, UFRJ e UnB. Esta época foi o auge de uma seca severa no Brasil e havia um claro interesse em compartilhar conhecimentos e experiências com pesquisadores e gestores de água da Austrália. Além disso, a TWRA foi construindo, ao longo deste período, fortes laços internacionais, que poderão facilitar o seu desenvolvimento, como a *Future Earth's Sustainable, Water Future Program* e *Global Water Partnerships* - GWP. Esta proposta vem sendo elaborada desde 2015, por meio de iniciativas recentes em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), através do Programa PrInt (Programa Institucional de Internacionalização), as Fundações de Amparo à Pesquisa dos Estados (por exemplo, FAPDF, FAPES, FAPESB, Fundação Araucária/FAPPR), as Universidades e Institutos de Pesquisa. Desde então, a *Griffith University* e a Universidade de Brasília (UnB) vêm trabalhando com outros parceiros de pesquisa no desenvolvimento de uma proposta formal para estabelecer uma rede internacional focada em questões de gestão de águas tropicais: a **Aliança Tropical de Pesquisa da Água (Tropical Water Research Alliance – TWRA)**. As duas universidades desenvolveram um Memorando de entendimento formal (*MoU – Memorandum of Understanding*) para apoiar esta iniciativa (Ver **Sessão 5**). Durante esse período, foi realizado o primeiro workshop no XVI Congresso Brasileiro de Limnologia em 2017. Após este workshop, o Prof. Stuart Bunn fez visitas técnicas, em março de 2018 e julho de 2019 à Brasília, e o Prof. José F. Gonçalves Jr. fez uma visita técnica em fevereiro de 2018 à *Griffith University*. O Prof. Hamish Campbell (*Charles Darwin University*) também realizou uma visita técnica ao Brasil em junho de 2019. Também foi aprovada a primeira missão/intercâmbio de estudante brasileira (Camila Aida Campos, PPGECL – UnB) para um doutorado sanduíche na *Griffith University* sob a supervisão do Prof. Mark Kennard, através do Programa CAPES PrInt. Além disso, foram organizados 3 workshops para discutir a implementação da TWRA: o primeiro, realizado em 31 de julho de 2019, foi promovido pela FAPDF em Brasília; o segundo, realizado em 1º de agosto de 2019, foi promovido pela SETI-PR em Curitiba; e o terceiro, realizado nos dias 5 e 6 de agosto de 2019, durante o XVII Congresso Brasileiro de Limnologia em Florianópolis.

A proposta foi fortalecida por discussões com a Agência Nacional de Águas (ANA) e outras agências nacionais e internacionais no Fórum Mundial da Água, realizado em março de 2018. A ANA

assinou um MoU (Memorando de Entendimento) em junho de 2018 com o Governo Australiano, para cooperação na gestão da água, onde o *Australian Rivers Institute* foi apontado como parceiro de implementação. O treinamento e a pesquisa relacionados ao tema Água também foram discutidos no workshop técnico organizado pelo CNPq e pelo TIQ em março de 2018, sendo considerados prioritários no subsequente acordo de cooperação assinado com o governo de *Queensland*. Em setembro de 2019 a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado no Espírito Santo (FAPES), assinou o termo de outorga da proposta da TWRA sob a coordenação do Prof. Marcelo Moretti da Universidade Vila Velha (UVV), Coordenador Regional da TWRA no Estado do Espírito Santo, no valor de R\$ 300.000,00, já liberados por 36 meses, com negociação aberta para novos aportes de recursos após o primeiro ano de funcionamento. Outro apoio financeiro da SETI/PR e Fundação Araucária, através da concessão de três bolsas, por 24 meses, totalizando R\$ 81.600,00, que visam auxiliar na implementação e consolidação da TWRA no estado, por meio da rede de pesquisadores paranaenses que será coordenada pela Profa. Yara Moretto (UFPR). Além disso, temos um MoU assinado com o CONFAP para desenvolvimento de um programa Nacional com as FAP estaduais.

O estabelecimento da Aliança multi-institucional entre Brasil e Austrália resultou em uma parceria estratégica baseada em princípios de colaboração e cooperação, a qual fornecerá conhecimento e recursos para a realização de pesquisas coordenadas e estratégicas, atividades de treinamento e capacitação para a formulação de políticas voltadas para as bacias hidrográficas tropicais. A TWRA surgiu formalmente como uma estrutura de governança para uma colaboração internacional de longo prazo. Nesse sentido, a Universidade de Brasília e a *Griffith University* estabeleceram um MoU (memorando de entendimento) para sediar a TWRA. Parceiros adicionais incluem universidades brasileiras e australianas e, potencialmente, as fundações de amparo à pesquisa dos estados brasileiros. No ano de 2020, a TWRA lançou o Site oficial (www.thetwra.org), rede sociais, um canal no Youbube e produzimos o “**I Ciclo de Webinários da TWRA**” para amplificar o debate entorno da estruturação da TWRA, fortalecendo a integração da equipe em um ano em que as ações presenciais foram paralisadas devido à pandemia. Todas estas ações levaram à estruturação da TWRA no Brasil num formato *Bottom-Up* (em que a base são os estados brasileiros). Foram constituídas 10 sedes regionais nos estados (AL, BA, DF, ES, PR, PB, RJ, RN SC e SP) levando à fundação de uma **Organização Social-OS** Sem Fins Lucrativos chamada Associação Aliança Tropical de Pesquisa da Água-TWRA em 06 de outubro de 2020. Hoje a TWRA possui 130 pesquisadores de 62 instituições brasileiras. A natureza integradora da TWRA contribuirá para o

diagnóstico eficaz de problemas, o avanço científico e a difusão tecnológica (extensão). O desenvolvimento deste projeto beneficiará a ciência brasileira e fornecerá soluções sustentáveis para os problemas locais e regionais tendo a Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia como um modelo/piloto a ser difundido para outras Bacias Hidrográficas de forma facilitadora em função da capilaridade natural da TWRA.

3. Escopo da Proposta

A proposta da Aliança Tropical de Pesquisa da Água-TWRA terá um foco principal nas questões ambientais da gestão da água. Isso se deve ao reconhecimento das ameaças globais à biodiversidade de água doce e da necessidade de proteger e, quando necessário, restaurar os ecossistemas fluviais (Vörösmarty et al., 2010). Há ampla evidência de que esforços conjuntos no gerenciamento ambiental da água podem levar a resultados socialmente aceitáveis e com benefícios econômicos (Theodoro, 2017; Castro, 2007). Por exemplo, a ciência e a prática das vazões ambientais (*e-flows*) têm sido amplamente utilizada como uma abordagem para proteção e recuperação da biodiversidade aquática e serviços ecológicos essenciais por meio de um gerenciamento aprimorado dos regimes hídricos (Arthington et al., 2018). Existe também um reconhecimento crescente da importância de soluções baseadas na natureza para lidar com a poluição de origem terrestre nos ecossistemas de água doce e costeiros e melhorar a resiliência da bacia a eventos climáticos extremos (UNESCO, 2018). Países como o Brasil têm perdido seus recursos naturais e, consequentemente, os serviços ecossistêmicos mesmo antes do seu adequado conhecimento (Overbeck et al. 2015). Tal afirmação embute tanto uma preocupação política de caráter estratégico, quanto uma orientação científica de caráter tático, que indicam a necessidade de trabalhos que integrem a pesquisa, a extensão e o ensino.

A escala espacial dos distúrbios ambientais gerados pelas atividades humanas alcançou proporções nunca vistas. Estima-se que a capacidade de resiliência dos ecossistemas foi ultrapassada em vários aspectos (Steffen et al., 2015), corroborando com o sexto processo global de extinção em massa de espécies (Ceballos et al., 2015; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Neste cenário, as ações antrópicas estão modificando as características físicas, químicas e biológicas tanto a nível local quanto em escalas regionais e globais (Cardinale et al., 2012). Neste contexto, os impactos antrópicos afetam tanto ambientes terrestres quanto aquáticos, tornando-se uma tarefa quase impossível separar impactos específicos a cada tipo de ambiente, pois ambos são intrinsecamente associados, de tal forma

que impactos em ambientes terrestres podem diretamente afetar os ecossistemas aquáticos (Boon & Baxter 2016; Schulze et al, 2018; Tarakini et al 2020). As principais fontes de impactos advêm, principalmente das atividades agropecuárias, pela industrialização, pelo crescimento populacional não planejado e, até mesmo, pelo aumento da demanda energética (Søndergaard & Jeppesen, 2007; Martinelli & Filoso, 2008; Heathwaite, 2010; Embrapa, 2020). Portanto, uma gestão integrada dos recursos naturais contemplando diferentes ambientes e atores é primordial para a conservação ambiental, biológica e de diversos serviços ecossistêmicos.

Durante décadas, os cientistas têm inventariado e descrito espécies, o que permitiu compreender com clareza aspectos locais das comunidades biológicas, tais como a estrutura genética, as taxas e dinâmicas de crescimento, sua fisiologia e comportamento (e.g. Batzer & Wissinger 1996; Nold & Zwart 1998). Entretanto, questões ecológicas em escala de paisagem têm sido mais recentemente abordadas, principalmente procurando compreender os mecanismos espaciais (p.ex. capacidade de dispersão) e ambientais que são reguladores da estrutura de comunidade (Heino et al. 2015). Com o avanço de técnicas de sensoriamento remoto, principalmente na última década, tornou-se frequente caracterizar a paisagem e uso do solo utilizando imagens de satélite (e.g. Gosch et al. 2017). Essas informações associadas ao conhecimento da biodiversidade permitem compreender a estrutura das comunidades biológicas em escala de paisagem e auxiliar em planos de conservação da biodiversidade e de ecossistemas. Portanto, diversos trabalhos têm incentivado a integração entre sensoriamento remoto e ecologia (Kerr & Ostrovsky 2003; Duro et al. 2007; Gillespie et al. 2008; Pettorelli et al. 2014). Essa integração é essencialmente importante no Bioma Cerrado, onde há muitas lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade (e.g. Borges et al. 2014) apesar do crescente avanço da fronteira agrícola (Ratter et al., 1997; Borges & Loyola, 2020). Na perspectiva de conservação da biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos, é fundamental a implementação de diversas estratégias e atividades a longo prazo, tais como atividades educacionais para crianças, jovens e adultos (Jiménez et al., 2017; Franzolin et al., 2020), garantir o envolvimento dos agentes políticos (Faleiro & Loyola, 2013; Magnusson et al 2018) e monitoramento de impactos ambientais em grandes escalas espaciais e temporais (Stephenson, 2019). Por exemplo, em relação aos recursos hídricos, a falta de gestão e monitoramento das atividades humanas geralmente acarreta em sérios prejuízos, tais como a eutrofização de corpos aquáticos, que favorece a proliferação de algas, cuja decomposição leva a liberação de odores fétidos (acarretando em prejuízos para o turismo), depleção de oxigênio (levando a mortandade dos organismos, inclusive peixes), surgimento de toxinas (tornando a água não palatável para uso humano), extirpação de espécies nativas e consequente perda

da biodiversidade (Johnson et al., 2007). No mais, a perda de habitats naturais, principalmente das zonas ripárias, além de levar a uma redução do número de espécies nativas, favorecer a introdução de espécies exóticas (Vitousek et al., 1997; Pimm & Raven, 2000; Ricciardi, 2007). À toda essa conjunta, tem-se também os impactos sociais e institucionais que a falta de uma governança hídrica é capaz de gerar no curto, médio e longo prazos das políticas públicas brasileiras (Castro, 2005; Frey, 2012).

Embora a importância da gestão ecológica da água seja geralmente aceita, a aplicação desses princípios em muitos países é limitada, e significativos obstáculos à implementação ainda permanecem. Isso inclui lacunas significativas no desenvolvimento de conhecimentos e capacidades. O enquadramento da gestão ecológica da água está em transição para incorporar as incertezas crescentes, associadas à variabilidade hidroclimática e ecológica e novos contextos sociais. Uma apreciação mais ampla das implicações sociais e culturais sobre a saúde dos ecossistemas aquáticos e suas implicações para as comunidades ribeirinhas seria um avanço significativo para o gerenciamento das bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica é uma das unidades elementares da paisagem terrestre que é importante para o desenvolvimento de práticas de conservação. Assim, através de estudos que abrangem a bacia hidrográfica, é possível avaliar as relações entre os ecossistemas com os usos da paisagem. No entanto, as regiões tropicais possuem escassez de dados temporais ou em larga escala de seus recursos hídricos (por exemplo, os dados disponíveis para grandes rios são de profundidade), onde muitas perguntas básicas sobre a variação natural dos processos ecológicos permanecem sem resposta.

Apesar do reconhecimento popular e científico das matas ripárias, verifica-se que estas áreas, no bioma Cerrado, têm passado por diferentes níveis de degradação que vão desde pequenas perturbações causadas pela queda natural ou derrubada de algumas árvores (ambientes perturbados), até grandes alterações (ambientes degradados), que ultrapassam o limite de resiliência do ambiente, isto é, da capacidade natural de auto recuperação. Em geral, tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais a degradação das matas ripárias é elevada necessitando de ações de restauração e conhecimento do valor dos ecossistemas, das paisagens, das espécies, bem como outros aspectos da biodiversidade, levando-se em conta as características das sociedades humanas inseridas nas bacias hidrográficas (Bartram & Ballance, 1996).

Os impactos antrópicos sobre as zonas ripárias constituem um tema atual e de significativa notoriedade, visto a importância dos recursos hídricos para processos industriais, agrícolas e urbanos (Dudgeon et al. 2006). Isto pode levar à redução da qualidade das águas, decorrente de várias

atividades antrópicas (Allan 2004; Castello et al. 2013; Lemes et al. 2013; Handa et al. 2014), que afetam a fauna em sua diversidade e funcionalidade devido à alteração de atributos chaves do ecossistema (ex. recurso, habitat), tornando necessária a intervenção, utilizando-se técnicas de restauração ecológica (Albuquerque et al. 2010). Desta forma, há necessidade urgente de buscar alternativas sustentáveis e estratégias que auxiliem na recuperação e conservação dos ecossistemas. Para a restauração ecológica de matas ripárias se faz ainda necessário entender as formas de manejo e gestão, as quais influenciam a biodiversidade, qualidade dos recursos hídricos e conservação do solo (Albuquerque et al. 2010). Por último, avaliar os serviços prestados pela zona ripária para a bacia hidrográfica quantificando a capacidade sustentável dos ecossistemas em regularem esses serviços (Allan 2004). Concomitantemente às ações de pesquisa e restauração nos ecossistemas ripários se faz necessário a recuperação de serviços ecossistêmicos de regiões adjacentes aos cursos d'água, tais como áreas degradadas pela agricultura/pecuária. Atualmente a forma mais moderna de utilização de solos para recuperação de ecossistemas que permitem a produção de alimentos e outras espécies de interesse comercial são os sistemas agroecológicos. Nesse sentido além da restauração de matas ripárias uma ação eficaz para a melhoria geral dos indicadores biológicos de um ecossistema é a adoção de novas técnicas de manejo de solo e vegetação. Sistemas agroecológicos permitem que a água percole no solo, sem contaminantes tais como fertilizantes industriais e agrotóxicos e, devido à maior qualidade do solo, termina por melhorar também a qualidade das matas ripárias e dos cursos d'água da bacia hidrográfica.

Uma das formas de avaliação de qualidade da água em bacias hidrográficas é o monitoramento ecológico das águas interiores utilizando modelos preditivos (Feio & Poquet 2011). Os modelos preditivos utilizam desde técnicas quantitativas de análise discriminante múltipla (Reynoldson et al. 1997; Simpson & Norris 2000; Feio et al. 2007) até técnicas mais recentes qualitativas de Machine learning, tal como as redes neurais (Feio et al. 2013), para prever comunidades biológicas a partir de um conjunto de variáveis ambientais relevantes. Estes modelos têm sido utilizados com sucesso para prever a composição taxonômica de comunidades de macroinvertebrados, algas e plantas vasculares (macrófitas, emergentes e vegetação riparia) (Aguiar et al. 2011; Feio et al. 2012) e até funções do ecossistema como taxas de decomposição (Feio et al. 2010). Neste sentido, e embora nunca tenham sido utilizadas com este fim, apresentam-se como técnicas promissoras para serem utilizadas na avaliação da qualidade das vegetações ripárias de forma funcional e estrutural permitindo simultaneamente acompanhar a sua evolução após medidas de restauração. A partir de características ambientais como o tamanho do rio, condições climáticas,

altitude, geologia poderão ser preditivas para avaliar a integridade funcional e estrutural das zonas ripárias. Mudanças no habitat afetam a fauna em sua diversidade e funcionalidade. Existe uma necessidade urgente de buscar alternativas e estratégias sustentáveis que ajudem na recuperação de ecossistemas degradados pelas atividades humanas e na conservação de ecossistemas ainda em condições primitivas. Nesse sentido, as zonas ripárias (interface entre ecossistemas aquáticos e terrestres, que são Áreas de Proteção Permanente - APP de acordo com o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12.651/2.012), ao longo das bacias hidrográficas, desempenham importantes funções ecológicas (por exemplo, filtros de escoamento ambiental), sendo áreas que influenciam diretamente a disponibilidade de bens e serviços do ecossistema.

A manutenção da vegetação ripária contribui para o aumento da capacidade de armazenamento de água, auxiliando na filtração superficial de sedimento e herbicidas utilizados em áreas agrícolas do entorno. A filtração de sedimento garante a estabilidade do processo de ciclagem de nutrientes e a manutenção da qualidade original dos ecossistemas aquáticos, impedindo grande parte da interferência externa nos processos naturais da bacia (Lima & Zakia, 2001). Do ponto de vista ecológico, as matas na zona ripária têm sido consideradas corredores importantes para o movimento de espécies da fauna e flora (Méio, 2003), bem como áreas de nidificação de espécies selvagens.

A partir do entendimento do papel ecológico das matas ciliares, é possível destacar os importantes serviços ambientais gerados, ou seja, aqueles que trazem benefícios diretos e indiretos às pessoas. Alguns exemplos de tais serviços, de acordo com Albuquerque et al. (2010) são: regulação da composição química da atmosfera; regulação climática; produção de alimentos e matérias-primas; absorção e reciclagem de nutrientes; abastecimento de água; regulação da disponibilidade de água; formação do solo; controle de erosão; ciclo de nutrientes; polinização; controle biológico; recursos genéticos; recreação e cultura.

Neste projeto temos como objetivo central a conceituação e estudo da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), com a geração de informações em diferentes escalas, permitindo a construção de modelos robustos que possam fornecer previsões sobre fenômenos naturais ou degradação ambiental. Este projeto de pesquisa está delineado dentro dos desafios temáticos da TWRA (ver www.thetwra.org) cujas respectivas atividades indicarão como os trabalhos ocorrerão em detalhes, onde requer-se o uso de tecnologias e instrumentação inovadoras, visando estabelecer decisões táticas, políticas e técnicas. Na prática, existe a chance de observar processos de recuperação da biodiversidade em áreas degradadas e/ou em processos de intervenção na melhoria das condições

ambientais, como a restauração ecológica. As atividades deste projeto estão organizadas em níveis e interações entre os vários temas que serão trabalhados no período de um ano contemplado por este projeto piloto que permitirá a implantação de atividades e diagnóstico para construir uma base sólida e robusta para o desenvolvimento a longo prazo da TWRA (Figura 1). Selecionamos 7 desafios temáticos para a primeira fase em que usaremos as experiências obtidas em algumas regiões brasileiras para aplicar, adaptar e desenvolver para a região piloto da Bacia do Tocantins-Araguaia, especificamente. Esses desafios temáticos terão como pano de fundo nossa estrutura, onde, após um ano, iremos consolidar um plano/programa da TWRA para a Bacia do Tocantins-Araguaia por um período médio (2 a 5 anos) e longo prazo (6 a 15 anos).



Figura 1: Desafios temáticos da TWRA trazidos para este projeto, em que as atividades nortearão as suas ações.

Desta forma, a pesquisa realizada pela TWRA abordará vários desafios ambientais e sociais importantes (Figura 2) como, por exemplo, os listados abaixo:

- Como podemos equilibrar melhor as necessidades de água para os seres humanos e a natureza?
- Como podemos mitigar os impactos da fragmentação dos rios por barragens e outras barreiras e restaurar importantes conexões com as áreas úmidas (e a zona costeira)?
- Como podemos reduzir os impactos do uso da terra nos ecossistemas de água doce e os riscos associados à poluição da água?
- Como podemos proteger melhor os ecossistemas aquáticos e reduzir a perda de biodiversidade?
- Como podemos melhorar os processos administrativos e institucionais de modo a gerar uma gestão hídrica integrada (GIRH)?

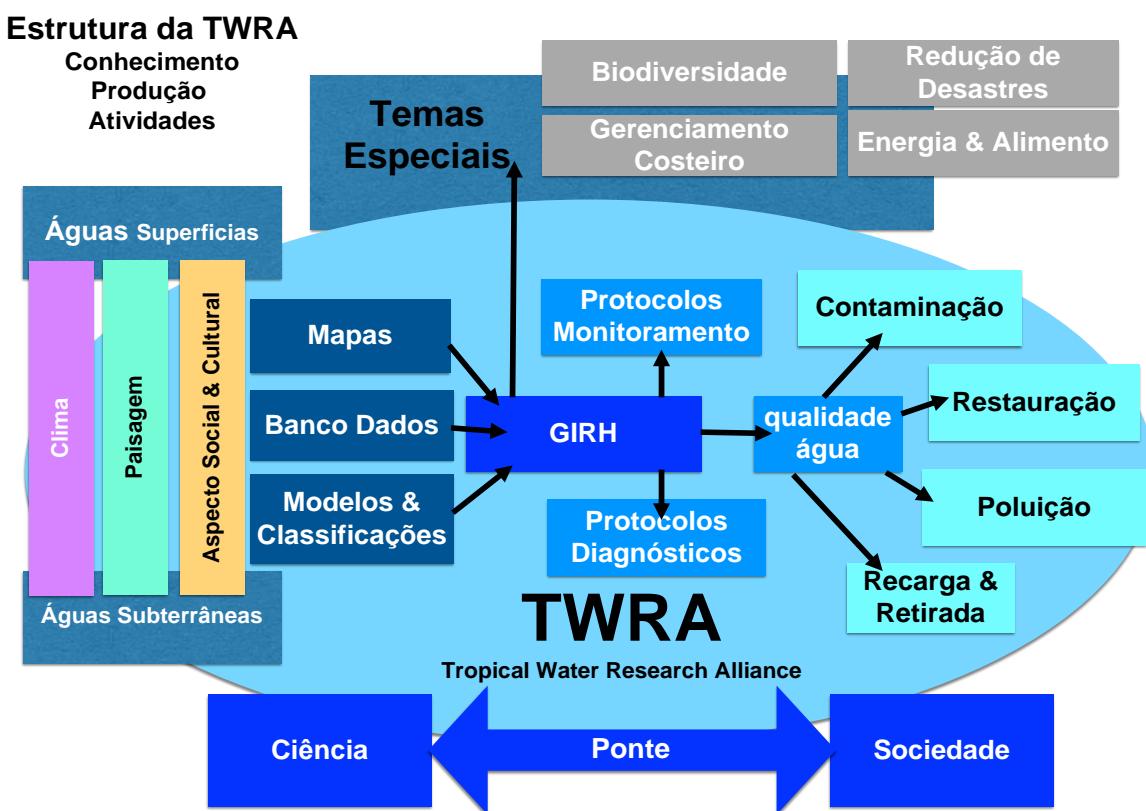


Figura 2: Atividades da Aliança Tropical de Pesquisa da Água para Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia, incluindo seus níveis de organização, fluxos e interações entre questões que conectam os temas-chave.

A TWRA apoiará os esforços para cumprir o *Sustainable Development Goal for Water* (SDG6), que não está focado somente em saneamento e higiene, mas inclui metas para ‘proteger e restaurar ecossistemas relacionados à água, incluindo montanhas, florestas, áreas úmidas, rios, aquíferos e lagos’ (SDG6.6); para ‘melhorar a qualidade da água reduzindo a poluição’ (SDG6.3); para ‘aumentar substancialmente a eficiência no uso da água em todos os setores e garantir retiradas sustentáveis’ (SDG6.4) e ‘implementar gestão de recursos hídricos em todos os níveis, inclusive através da cooperação transfronteiriça’ (SDG6.5). Além disso, a TWRA também irá abordar diretamente o SDG15.1 ‘garantir a conservação, restauração e uso sustentável dos ecossistemas de água doce de superfície e subterrânea e de seus serviços’, incluindo as áreas úmidas.

Este não é apenas um projeto de pesquisa, mas a aplicação dos conhecimentos obtidos pelo corpo de cientistas de mais de 30 áreas de conhecimento na solução dos problemas encontrados na região piloto. Além disso, contribuirá para a compreensão dos riscos para os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade decorrentes da degradação ambiental. As atividades propostas necessariamente demandarão por mão de obra para execução, onde este projeto prevê o treinamento e pagamento pelos serviços prestados pelos moradores da região, com isso o projeto levará treinamento/formação da sua mão de obra, distribuição de renda e uma nova fonte de recursos para a população local, bem como a inclusão social e digital para região. Assim, além da transformação ambiental prevemos a transformação a longo prazo que poderá ser aplicada a toda a bacia hidrográfica que é o objeto deste projeto.

4. Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

A planície de inundação do rio Araguaia é uma das mais importantes planícies alagáveis brasileiras, apresentando uma área de drenagem de aproximadamente 386.478 km², localizada inteiramente em território nacional, localizada bem no “coração” do Brasil (Figura 3). Localizada próxima do Pantanal na sua porção sul, a bacia hidrográfica do rio Araguaia está inserida praticamente dentro do bioma Cerrado, mas também apresenta uma pequena inserção na Amazônia em sua porção norte. Portanto, essa bacia hidrográfica serve como um importante e extenso corredor ecológico para várias espécies, inclusive onças pintadas, desde o Pantanal até a Amazônia (Figura 3).

A precipitação total anual média na bacia é de 1.751 mm e a vazão média do rio Araguaia é de 5.508 m³/s (Aquino et al., 2005). Sua extensão é de 2.110 km e pode ser dividida em três unidades: Alto, Médio e Baixo Araguaia (Latrubesse & Stevaux, 2002). Segundo a classificação climática de

Köppen-Geiger, o clima regional é Aw (tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno) e, em geral, os valores máximos de vazão ocorrem entre os meses de novembro e abril (Latrubesse & Stevaux, 2002).

Diferentemente do rio Tocantins, seu “meio irmão”, que juntos formam a grande bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, atualmente não existe nenhuma barragem do canal central do rio Araguaia. Portanto, a dinâmica espaço-temporal do pulso de inundação do rio Araguaia continua acontecendo de forma natural, condição essa classificada como extremamente rara para um rio com tamanha extensão territorial e vazão de água. De tal forma, o rio Araguaia permanece como um “bolsão” de condições relativamente prístinas no Cerrado brasileiro, permitindo ainda processos migratórios e reprodutivos de sua comunidade de peixes e outros organismos, tais como os botos. Por outro lado e com intuito, de exemplificação, o rio Tocantins apresenta diversas barragens hidro energéticas, modificando aspectos da biodiversidade, ecossistemas e sociocultural ao longo do rio. Nesse rio estão instaladas as barragens de Serra da Mesa, Cana Brava, São Salvador, Peixe Angical, Lajeado, Estreito e Tucuruí.

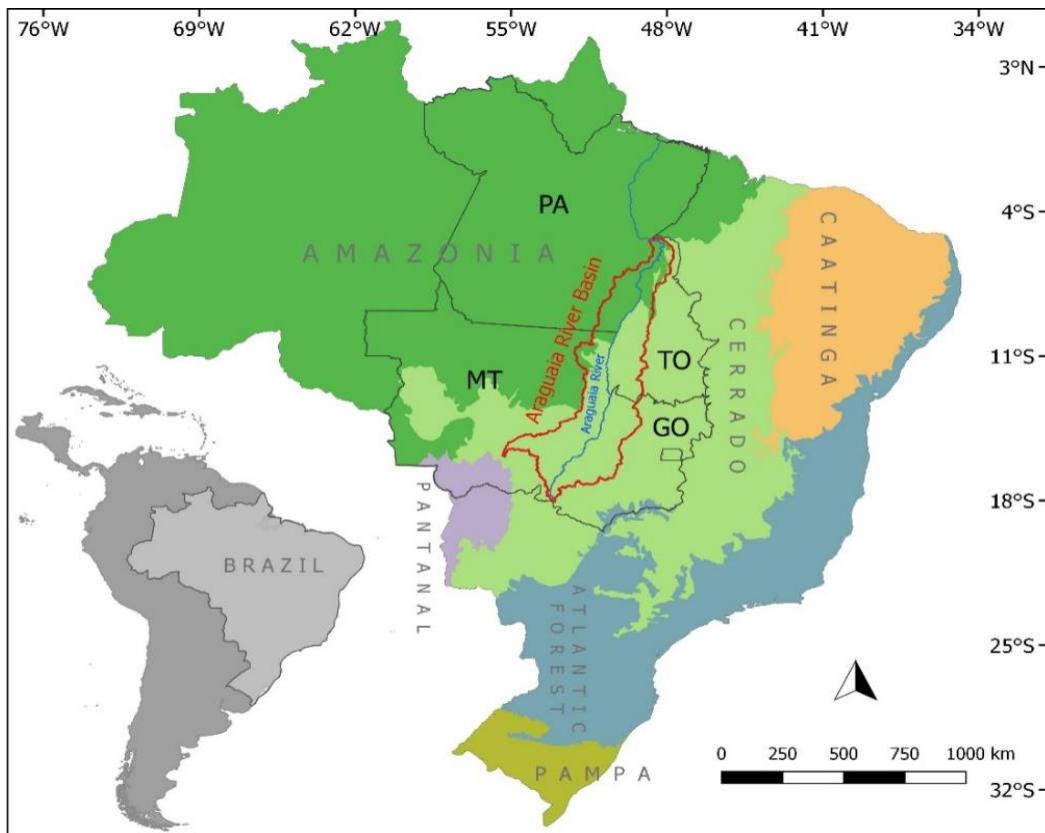


Figura 3. Localização espacial da bacia hidrográfica do rio Araguaia e biomas brasileiros.

Com a expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro Oeste e Centro Norte brasileiro, um intenso e crescente processo de degradação ambiental vem ocorrendo nesta região, ao mesmo tempo em que a planície de inundação do rio Araguaia sofre um ativo processo de antropização provocado por processos de desmatamento, mineração, erosão, sedimentação do canal e da planície aluvial (Latrubesse & Stevaux, 2002; Morais, 2002; Latrubesse et al., 2007; Latrubesse et al., 2009; Coe et al., 2011). Por exemplo, estima-se que mais de 50% da área da bacia está degradada pelas ações antrópicas (Latrubesse et al., 2019). Mesmo assim, essa bacia hidrográfica é considerada estratégica para o crescimento econômico nacional, pois ainda apresenta diversas potencialidades de aberturas de novas áreas para atividades pecuárias, agrícolas, mineração, geração hidrelétrica, pesca, turismo, aquicultura e de fonte de retirada de água para abastecimento de sistemas de irrigação agrícolas (ANA, 2019).

Por outro lado, apesar da intensa e crescente degradação ambiental nos últimos anos e da sua importância social, política e ambiental, estudos científicos nesta planície são escassos. Por exemplo, quatro buscas realizadas em 06 de julho de 2020 no “Thomson ISI Web of Science”, buscando o número de artigos científicos publicados entre os anos de 1947 a 2020 nas principais planícies alagáveis brasileiras, retornou os seguintes resultados: Amazonas com 9.513 artigos, Paraná com 3.883 artigos, Paraguai com 713 artigos e Araguaia com 306 artigos (Figura 4). Além disso, a dinâmica anual do número de artigos publicados na bacia do Araguaia segue uma tendência de estabilidade em número baixo se comparada com as demais (Figura 4). Portanto, o rio Araguaia pode ser também caracterizado como a mais importante e negligenciada planície de inundação do Cerrado brasileiro.

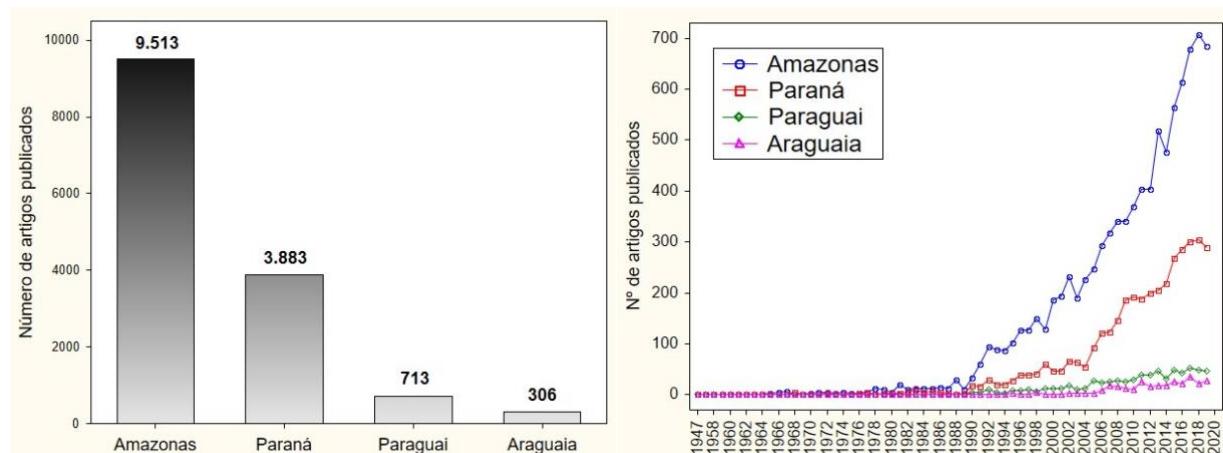


Figura 4. Número de artigos científicos publicados e localizados no Thomson ISI Web of Science entre os anos de 1947 a 2020, por planície alagável (gráfico da esquerda) e dinâmica temporal do número de artigos científicos publicados e localizados no Thomson ISI Web of Science entre os anos de 1947 a 2020, por planície alagável (gráfico da direita).

Infelizmente, esse descaso político, social e científico promove a perda da rica e valorosa biodiversidade da planície de inundação do rio Araguaia. E, no mais, há de ser considerado que devido ao ínfimo número de estudos na região, estamos perdendo uma porção considerável de biodiversidade nunca antes registrada pela comunidade científica (ou seja, perda de espécies que nunca serão nem catalogadas). Por exemplo, em um recorte das bacias hidrográficas dentro do Bioma Cerrado, Latrubesse et al (2019) estimam que a bacia do rio Araguaia é a que apresenta a maior riqueza de espécies de peixes (totalizando 416 espécies registradas), seguidas pela bacia do rio Tocantins (com 336 espécies registradas).

A área de estudo dessa proposta compreende um recorte da bacia hidrográfica do rio Araguaia, tendo como região central Luiz Alves do Araguaia-GO ($13^{\circ}12'46,9''S$ e $50^{\circ}34'45,1''O$), que é um distrito do município de São Miguel do Araguaia-GO, como região final ao norte o município de São Félix do Araguaia-MT ($11^{\circ}37'4,4''S$ e $50^{\circ}39'57,9''O$) e como região final ao sul o município de Aruanã-GO ($14^{\circ}55'20,4''S$ e $51^{\circ}4'41,3''O$). Portanto, a extensão da nossa área de estudo compreende cerca de 500 km via curso do canal principal do rio Araguaia, e abrange cinco importantes tributários: rio Vermelho, rio do Peixe, rio Crixás, rio Cristalino e rio das Mortes. Algumas informações sócio demográficas dos principais municípios abrangidos pelo projeto estão apresentadas na Tabela 1.

Por fim, como o primeiro ano de atividades do projeto necessita implementar a pesquisa em uma escala espacial menor, mas que possibilite sua expansão futura para outras localidades, Luiz Alves do Araguaia e São José dos Bandeirantes (distritos de São Miguel do Araguaia e Nova Crixás, respectivamente) foram escolhidas como a área de estudo na implementação do projeto.

Pontos importantes dentro da área de estudo:

- APA dos Meandros do Rio Araguaia, com 359.194,09 hectares (<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2516-apa-meandros-do-rio-araguaia>);
- Terras indígenas (por exemplo: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3592>);
- Base do ICMBio em Luiz Alves do Araguaia

- Associação de barqueiros em Luiz Alves do Araguaia e possibilidade de contratação de Barco Hotel para viagens mais longas (ver <https://trade.nosis.com/pt/ASSOCIAÇÃO-DOS-BARQUEIROS-DE-LUIZ-ALVES-E-PESCADORES-ARTESANAIS/4222375/315/p#.YCM-0WhKjIU>).

Tabela 1. Informações sócio demográficas dos principais municípios abrangidos pelo projeto. NC = Nova Crixás, SMA = São Miguel do Araguaia, SFA = São Félix do Araguaia, SMM = salário médio mensal dos trabalhadores formais, IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

	Municípios				
	Aruanã	Cocalinho	NC¹	SMA²	SFA
População Estimada	10110	5681	12945	21920	11843
Densidade demográfica (hab/km2)	2.46	0.33	1.63	3.63	0.64
SMM (salários-mínimos)	1.9	2.4	2.1	2.1	2.8
PIB per capita (R\$)	22.990,62	26.611,60	27.855,73	21.981,46	57.651,97
IDHM	0.675	0.66	0.643	0.664	0.668

¹São José dos Bandeirantes é um distrito do município de Nova Crixás

²Luiz Alvez do Araguaia é um distrito de São Miguel do Araguaia

Fonte: IBGE

Experiência da Equipe na Condução de Estudos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia

A equipe executora desse projeto possui uma vasta experiência em estudos na bacia hidrográfica do rio Araguaia, cujas informações estão compiladas em um site (<https://fupunb.wixsite.com/araguaia vivo>).

Segue abaixo um resumo dos projetos desenvolvidos:

Projeto 1. Suficiência amostral de microcrustáceos, rotíferos e tecamebas em lagos de uma planície de inundação do Centro-Oeste brasileiro

Financiamento: Edital Universal MCT/CNPq Nº 14/2009

Resumo: Os principais objetivos em estudos de ecologia estão relacionados com a quantificação da biodiversidade e identificação de padrões de distribuição espacial e/ou temporal das espécies, principalmente diante do crescente processo de extinção atual. Sabemos que a diversidade e a estrutura das comunidades de vários grupos biológicos estão estruturadas espacialmente em micro-escala espacial (por exemplo, espécies zooplântônicas preferem a região litorânea de ambientes aquáticos, pois esse locais são dominados por plantas aquáticas). Portanto, estudos ecológicos devem amostrar de maneira suficiente para representar a diversidade e a estrutura das comunidades,

considerando em seus delineamentos a variabilidade espacial. Esse projeto possui três objetivos principais: (i) mensurar e estimar a diversidade biológica de organismos zooplânctônicos (rotíferos, copépodes, cladóceros e tecamebas); (ii) comparar a estrutura das comunidades nas regiões litorânea e pelágica (estruturação espacial); e (iii) verificar o esforço amostral necessário para estimar com eficiência a diversidade biológica dos organismos zooplânctônicos em lagos da planície de inundação. As seguintes questões serão abordadas: (a) a regiões litorâneas apresentam maior riqueza de espécies (uma vez que a heterogeneidade ambiental é maior na primeira)? (ii) quantas amostras são necessárias para avaliar a biodiversidade destes ambientes? Para tanto, amostras de zooplâncton e de variáveis ambientais foram coletadas em 40 pontos em quatro lagos da planície de inundação do rio Araguaia (sendo um com banco de macrófitas bem estabelecido e outro sem banco de macrófitas), localizados no município de São Miguel do Araguaia, Goiás. Portanto, foram amostradas cerca de 40 unidades, divididas entre as regiões litorâneas e pelágicas de cada lago.

Projeto 2. Biodiversidade e ecologia de diferentes comunidades aquáticas em quatro importantes planícies de inundação brasileiras

Financiamento: Edital MCT / CNPq / MEC / CAPES / FNDCT - Ação Transversal / FAPs número 47/2010 - SISBIOTA Brasil

Resumo: Uma das grandes preocupações da modernidade é a perda de biodiversidade causada pelas ações antropogênicas, como poluição (local, regional e global), agricultura, exploração de recursos naturais (como, por exemplo, aquela derivada da mineração e desflorestamento), entre outros. A necessidade de conservação da biodiversidade está relacionada com o valor intrínseco de cada espécie, o valor econômico potencial e atual das espécies. Desta forma, a quantificação da natureza, principalmente em relação às perdas decorrentes das diversas atividades humanas, é de grande importância. Planícies de inundação associadas aos grandes rios são excelentes sistemas-modelo para investigar os potenciais organizadores da biodiversidade (mudança) para uma variedade de escalas espaciais. O sistema rio-planície incorpora vários sistemas fluviais; cada um deles tem uma variedade de tipos de habitat, variando desde o próprio rio, conectado a canais, que estão ligados a lagoas abertas e, finalmente, lagoas fechadas. As flutuações dos níveis hidrométricos mantêm a sazonalidade de sistemas de planície de inundação, de forma que o regime de cheia se constitui na principal função de força que atua sobre as comunidades presentes nestes ecossistemas. Os estudos revelam que planícies de inundação apresentam elevada diversidade biológica e que lagoas de várzea têm importância fundamental na manutenção de populações de espécies. Deve-se considerar que, apesar

do grande esforço para conhecer a biodiversidade desses ecossistemas, uma parte representativa da mesma permanece desconhecida, considerando a escassez de estudos sobre as comunidades planctônicas e de fauna fitófila. Desta forma, o objetivo deste projeto é ampliar o conhecimento sobre a biota, o papel funcional, uso e conservação da biodiversidade brasileira de quatro ecossistemas de planície de inundação (Pantanal Mato Grossense, rio Paraná, rio Amazonas e rio Araguaia), abrangendo as comunidades planctônicas, fauna fitófila e macrófitas aquáticas.

Projeto 3. Influência do uso e ocupação do solo e das zonas ripárias nos aspectos físicos, químicos e biológicos em uma planície de inundação neotropical (Expedição Biguá)

Financiamento: Edital Demanda Espontânea 04/2017 FAPDF

Resumo: A expedição Biguá foi desenvolvida entre os dias 14 a 30 de janeiro de 2019 na Planície de Inundação do Rio Araguaia. Percorremos cerca de 1.556 km de rio (percurso de ida e volta), compreendendo pontos de coleta no canal principal do Rio Araguaia, 50 lagos e cinco afluentes (Rio Vermelho, Rio do Peixe, Rio Crixás, Rio Cristalino e Rio das Mortes). A escala espacial da Expedição Biguá abrangeu desde a cidade de Aruanã-GO até quase o final da Ilha do Bananal, maior ilha fluvial do mundo. Este estudo foi financiado pela FAPDF (Edital Demanda Espontânea N°04/2017 - <http://www.fap.df.gov.br/>) e contou com suporte logístico/financeiro do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA - <http://fupunb.wixsite.com/ppgca>), Faculdade UnB Planaltina (FUP - <http://fup.unb.br/>), AquaRipária (<http://www.aquariparia.org/>) e Environmental Isotope Studies (EIS - <https://www.eisunb.com/>).

Coletamos informações ambientais e biológicas capazes de dar subsídio a dez estudos principais (vejam títulos provisórios abaixo) além de outros tantos secundários:

1. Biomagnificação de mercúrio na cadeia trófica do Rio Araguaia;
2. Diversidade da comunidade fitoplanctônica do Rio Araguaia;
3. Diversidade de bactérias magnetotáticas no Rio Araguaia;
4. Produção de Gases do Efeito Estufa nos Sedimentos Fluviais e Lacustres;

Contribuições na Fronteira das Mudanças de Uso/Cobertura do Solo;

5. Balanço de carbono no Rio Araguaia;
6. Dinâmica da comunidade zooplânctônica na Planície de Inundação do médio Araguaia;

-
7. Fatores determinantes da diversidade beta das comunidades de macrófitas aquáticas na Planície de Inundação do Rio Araguaia;
 8. Homogeneização dos hábitos alimentares em comunidades ribeirinhas;
 9. Padrões espaciais de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas na Planície de Inundação do médio Araguaia;
 10. Caracterização fisico-química e qualidade da água na Planície de Inundação do Rio Araguaia.

Uma parceria com a imprensa (jornalista Serena Veloso) resultou em dois importantes produtos: (i) publicação de uma reportagem na Revista Darcy (impressa e digital) e (ii) a elaboração de um vídeo disponibilizado no YouTube.

Seguem links de acesso aos produtos:

- (i) Reportagem na Revista Darcy (páginas 28 a 35);
https://issuu.com/revistadarcy/docs/darcy_21_digital?fbclid=IwAR2WkiapuGgp2UxrnPuh-awD7bQ1ZfUX-W0jypVhbI4dSp6Nr3GX7TLg5n
- (ii) Video no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=9VJo3FQ1qo0>)

Projetos 4, 5 e 6. Práticas de Campo em Ciências Ambientais (ano de 2017, 2018 e 2019)

Financiamento: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA/FUP)

Resumo: Nos anos de 2017, 2018 e 2019, tivemos uma importante experiência inovadora na formação acadêmica de nossos discentes. Aproveitando uma disciplina optativa do PPGCA (Práticas de Campo em Ciências Ambientais, 60 horas/aula e 4 créditos), levamos (i) vários alunos de mestrado e doutorado e professores do PPGCA, (ii) alunos da graduação em Gestão Ambiental da UnB/FUP, (iii) professores convidados (nacionais e internacionais) para um curso de imersão na planície de inundação do rio Araguaia. Para se matricular na disciplina, os discentes deveriam apresentar um projeto de pesquisa passível de execução parcial ou total na área de estudo e no período de estudo. Também foi permitido que outros discentes fizessem matrícula caso participassem da equipe de colaboradores de algum projeto. Portanto, os discentes da disciplina eram coordenadores de projetos ou colaboradores de projeto apresentado por outro discente. Tivemos 11 projetos desenvolvidos em 2017 e 9 desenvolvidos em 2018. Esses projetos de pesquisa estão resultando em publicações discentes não diretamente relacionadas com o conteúdo da tese/dissertação (ou seja, são publicações extras) e, em muitos casos, os orientadores optaram por incluir um ou dois capítulos a mais nas

teses/dissertações de seus alunos advindos dessa disciplina. Ademais, essa disciplina tem catalisado um esforço de união e trabalho conjunto entre os docentes do PPGCA e, claro, entre os nossos discentes também.

Segue abaixo uma lista de estudos desenvolvidos pelos discentes do PPGCA nos dois anos que ocorreram a disciplina:

Ano de 2017 (Projeto 4)

1. A influência dos ciclos sazonais na dinâmica da paisagem de uma ottobacia na região do médio Araguaia
2. Análise dos parâmetros morfométricos do terreno e variáveis biofísicas da cobertura da terra na bacia do rio Araguaia, Brasil
3. Bioindicadores de saúde do solo na região da bacia do Rio Araguaia
4. Distribuição vertical da comunidade planctônica no lago Dumbá Grande, rio Araguaia, Mato Grosso, Brasil
5. Efeitos do uso da terra na dinâmica de carbono em matas inundáveis do Rio Araguaia e matas não inundáveis do Rio Corumbá, Planalto Central Brasileiro
6. Influência ambiental sobre a diversidade de peixes e zooplâncton em ambientes lênticos e lóticos de uma planície de inundação
7. Influência do relevo no uso e ocupação da terra da bacia do Rio Araguaia
8. Interação entre as atividades pesqueiras e o boto *Inia geoffrensis* (de Blanville, 1817), através do conhecimento etnobiológico dos pescadores no município de Cocalinho, rio Araguaia, Mato Grosso
9. Percepção das mudanças ambientais e conhecimento etnoictiológico de ribeirinhos de Cocalinho, MT, região do médio rio Araguaia
10. Planície de inundação do rio Araguaia: lacunas no conhecimento científico
11. Uso da terra na região do Araguaia: avaliação físico-hídrica do solo

Ano de 2018 (Projeto 5)

1. Comparações metodológicas para coleta de organismos zooplânctônicos de um lago tropical
2. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago de meandro do Araguaia
3. Determinação de elementos-traço no médio rio Araguaia, Mato Grosso, Brasil

4. Estudo da fauna ectoparasitária em peixes da bacia do rio Araguaia na região de Cocalinho-MT

5. Exposição humana ao mercúrio: uma análise da avaliação do risco potencial para a saúde de uma população do Médio Araguaia, Mato Grosso, Brasil

6. Expressão magnética do solo para a compreensão da organização espaço-temporal da vegetação na região do médio Araguaia

7. Influência da densidade de indivíduos lenhosos sobre a capacidade de infiltração: estudo de caso no município de Cocalinho, MT

8. Presença e acumulação de mercúrio em ecossistema aquático do Cerrado: um estudo de caso da planície de inundação do rio Araguaia

9. Remansos como stepping stone para dispersão planctônica

Ano de 2018 (Projeto 6)

1. Avaliação da nidificação, predação e percepção ambiental em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) na região do Médio Araguaia, Cocalinho-MT

2. Avaliação ecológica da fauna de peixes em ambientes lóticos e lênticos na bacia do Araguaia, trecho de Cocalinho, MT

3. Variação temporal da capacidade de infiltração de água no solo em pastagem sob regeneração

4. Análise multitemporal da fragmentação florestal da paisagem da Bacia do Rio Araguaia

5. Detecção microbiológica em bancos de areia das praias do Médio Araguaia, Mato Grosso, Brasil

Estudo da fauna ectoparasitária em peixes da bacia do rio Araguaia na região de Cocalinho-MT

6. Conhecimento popular de turistas em Cocalinho- MT sobre as mudanças ambientais, peixes e botos na bacia do médio rio Araguaia

7. Percepção ambiental dos impactos do turismo no médio rio Araguaia (Cocalinho – MT)

8. Sequestro de mercúrio pela fauna do solo no ecossistema cerrado: um estudo de caso na região do médio Araguaia

9. Efeito da cidade Cocalinho (MT) na composição local de macroinvertebrados no médio Araguaia
10. Avaliação da qualidade da água e condições de balneabilidade no Médio Rio Araguaia
11. Análise do estágio reprodutivo e do conteúdo estomacal de espécies de peixe do médio Rio Araguaia
12. Interação regime hidrológico X peso como determinante da concentração total de mercúrio em peixes do rio Araguaia
13. Avaliação do padrão alimentar da população ribeirinha do Médio Araguaia (Cocalinho/MT)

Projeto 7. Estrutura das comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton) e acumulação de mercúrio em lagos da bacia hidrográfica do rio Araguaia

Financiamento: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA/FUP).

Resumo: O objetivo desse estudo foi avaliar a estrutura da comunidade de fitoplâncton e zooplâncton e as concentrações de mercúrio (Hg), tanto na água quanto no sedimento, em lagos da planície de inundação do rio Araguaia e afluentes. Para tanto, 30 lagos foram estudados entre as regiões de Itacaiú e a Ilha do Bananal, compreendendo lagos conectados ao canal do rio Araguaia e dos seguintes afluentes: rio Água Limpa, rio Vermelho, rio do Peixe e rio Crixás.

5. Governança

A TWRA, sendo uma organização com fundamentos de atuação bilateral, tem nos seus desenhos institucionais a proposta de facilitação da governança tanto de seu planejamento, quanto, consequentemente, de seus projetos. De forma geral, a estrutura proposta é a seguinte:

O estatuto que rege as TWRA prevê uma Assembleia Geral Anualmente para deliberações sobre a Associação TWRA e eleger a cada 3 anos chapas para a diretoria administrativa e o conselho fiscal. A TWRA é administrada por uma diretoria composta por membros eleitos (Presidente, Vice-presidente, Diretor Financeiro e Secretário-Geral). Além disso, a sedes regionais são administradas por um Diretor e Vice-Diretor eleito pelos membros regionais. Para tomada de decisão sobre a TWRA é feita mensalmente por uma reunião do colegiado de diretoria que reúne os representantes das Sedes Regionais e a Diretoria Administrativa da TWRA. Existem dois conselhos: Conselho Fiscal é eleito e formado por três membros titulares e três suplentes, que são responsáveis por fiscalizar a

contabilidade da TWRA. O conselho consultivo formado por 4 brasileiros e 4 estrangeiros, experimentes em projetos em rede com destaque acadêmico, que corrigem rumos e sugerem novos caminhos científicos para a TWRA (Figura 5).

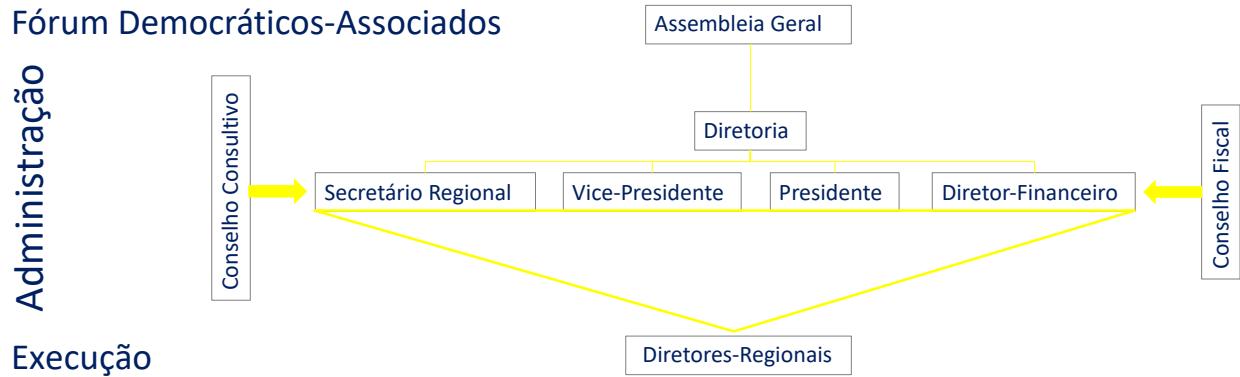


Figura 5: Organograma previsto no estatuto que realiza toda administração da TWRA.

A TWRA para melhorar o fluxo administrativo atualmente com na Secretaria-geral com três setores operacionais (Secretaria, Comunicação e Relações Internacionais), sendo a comunicação dividida em duas sessões (Identidade Visual e Marketing). Sob comando da Presidência foram criadas três gerências: 1- Gerência de Publicações: é responsável pelas publicações e editorações que levam o nome da TWRA; 2- Gerências de Pesquisa e Inovação: destina-se a organizar as ações e atividades acadêmicas propostas pelos 7 Desafios Temáticos da TWRA e produtos gerados pelas atividades acadêmicas; 3- Regência de Cursos, Eventos e relações sociais: destina-se na organização das atividades didáticas, eventos científicos/acadêmicos e nas relacionamento social com as comunidades que interagem com a TWRA. Além disso, na diretoria Financeira existe uma gerência de Projetos destinada a prospectar projetos com empresas, organizações sociais, comitês de bacia e fundações nacionais e internacionais (Figura 6).

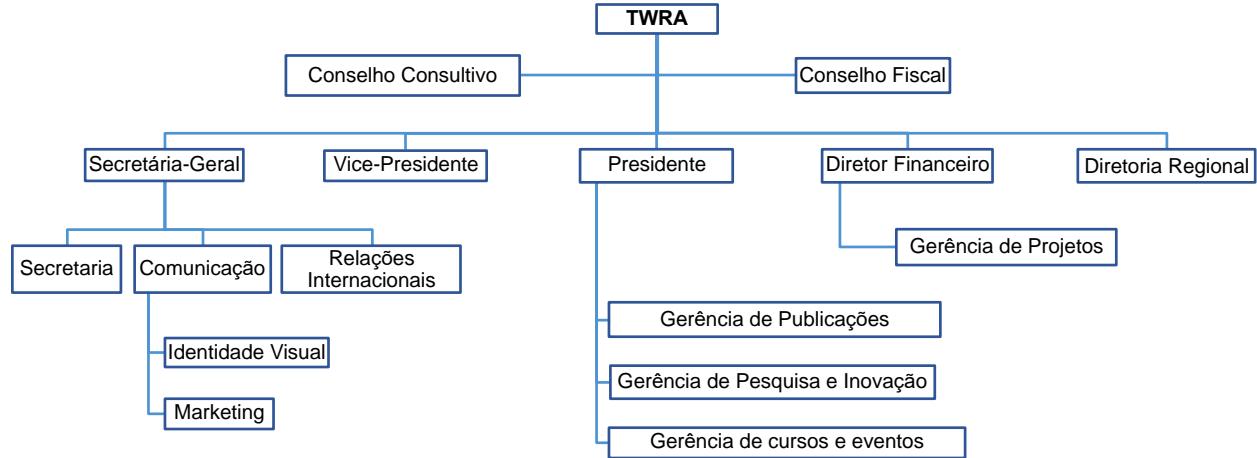


Figura 6: Fluxograma operacional da TWRA.

A estrutura de atuação em funcionamento na TWRA visa incorporar as prerrogativas que o conceito de “governança” possui intrinsecamente, principalmente em termos de interação funcional e transparência funcional (Green, 2007). Nessa direção, cabe ressaltar que mesmo tendo surgido por meio de influências corporativas oriundas dos setores econômico-financeiro de nível internacional (World Bank, 1992), o conceito de governança foi difundido em larga escala, menos por propor medidas de comando e controle tradicionais e mais por iniciar uma série de discussões sobre o (pretendido) aprimoramento das estruturas públicas por meio de processos de inclusão e controles sociais diversos. Certamente que tal posicionamento gerencial deve ser entendido dentro de um contexto e de um arcabouço teórico e institucional, o que não livrou o conceito de ser analisado de forma crítica desde seu surgimento (Theodoro, 2017).

Consequentemente, as questões são levantadas por vários autores que tratam sobre o conceito de boa governança, considerado dentro desta pesquisa como um dos modelos de gestão possíveis de serem aplicados em um dado contexto institucional. Tal possuiria como característica a incorporação de determinados critérios, a depender das perspectivas de análise (tais como Rogers e Hall, 2003; Mayntz, 2000, etc). As mesmas, de forma geral, buscam a formação e consolidação do gerenciamento democrático e participativo, mesmo que dentro de um cenário de mudanças e intervenções aos interesses estatais (Swyngedouw, 2005). Salienta-se que os cenários de mudanças institucionais são recorrentes no caso brasileiro, com maior ou menor valorização de instâncias e processos participativos.

No caso específico do Brasil, o estudo da aplicação de princípios de governança é uma possibilidade para o aprimoramento do setor público e de suas decisões políticas e administrativas. Sendo um dos principais atores no cenário ambiental do século XXI, o país tem colocado, em vários de seus Estados-membros, arranjos institucionais participativos para a gestão hídrica, seja por meio de legislação mais abrangente para tal, seja pela instauração de arenas de planejamento, consulta ou deliberação coletiva. Tal como descrito, o Brasil possui um caráter federativo onde a gestão de recursos hídricos acontece por meio da unidade de planejamento e integração principal que é a bacia hidrográfica, inclusive com determinação legal para tanto (Lei nº 9.433, de 1997).

A discussão aqui proposta pretende evidenciar lacunas existentes nos processos de tomada de decisão e de definição da agenda institucional em relação à bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia que, mesmo sendo considerada uma das mais importantes do país, visto que envolve 6 diferentes estados da federação brasileira, ainda demanda maior conhecimento de seus processos institucionais de governança. Pretende-se aqui, igualmente, relatar e avaliar as transformações institucionais na gestão dos recursos hídricos na bacia pesquisada e de como a governança pode ser gradativamente colocada na agenda pública pelo Estado (Swyngedouw, 2005; Green, 2007). O enfoque priorizado dentro do escopo da temática da governança da água é o da articulação dos atores institucionais para processos de gestão democrática e participativa. Mais ainda, a governança e suas argumentações teóricas podem cooperar para o entendimento, neste projeto, para o entendimento sobre os principais problemas que afetam a bacia hidrográfica do rio Tocantis-Araguaia, a partir de dados coletados em campo aliados à análise documental e histórica proposta (Minayo et. al., 2012).

Cabe salientar que o termo governança possui várias leituras, nem sempre congruentes entre si e que demonstram a diversidade de possibilidades que, conceitualmente, o termo absorve (Green, 2007). Nessa direção, vale destacar as contribuições de Dourojeanni e Jouravlev (2002) – de tendências mais convencionais – como também de Tortajada (2001), Castro (2005; 2007) ou Swyngedouw (2005) – de tendências mais críticas, permitem revelar que a gestão enquanto processo de gestão pode criar ambientes e resultados diferentes entre si. Outrossim, a própria proposta de gestão a partir da bacia hidrográfica, mesmo que considerada como um avanço administrativo ainda é bastante controversa em sua aplicação (Abers, 2010; Theodoro e Marques, 2014; Tortajada, 2001). Em uma bacia de proporção tão extensa e de níveis distintos de estrutura física, econômica e social como se tem no rio Tocantins-Araguaia, práticas de gestão integrada também são demandas para soluções complexas que envolvem direitos difusos como os hídricos (Theodoro, 2017; Green, 2007; Abers e Keck, 2004).

Nesse sentido, ao se retornar os conceitos de desenhos institucionais que visam uma gestão participativa e integrada (Cunha e Theodoro, 2014), os mesmos podem ser identificados como existentes na TWRA no sentido de que há conselhos, diretorias (geral e regionais), gerências temáticas e secretaria específica. Esse modelo é, ao mesmo tempo, integrado no sentido de fluxogramas de tomadas de decisões, e espalhado no sentido de permitir diversas temáticas e campos do conhecimento para o propósito da organização bilateral que é a TWRA.

Acredita-se que esta atribuição de papéis e valores baseados na capacidade de analisar e aplicar decisões institucionais está adequada para tornar-se um projeto da envergadura do que a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia demanda, seja feito de forma ordenada, efetiva e eficiente. Mesmo que enquanto um projeto inicial para 12 meses de aplicação, a proposta de governança para a área em investidura é para que seja de longo prazo, com resultados concretos para investidores e parceiros institucionais.

6. Desafios Temáticos

A Aliança possui 5 desafios temáticos diretos e 3 transversais, onde cada desafio será ordenado por atividades conforme descritas a seguir:

6.1. Balanço entre as necessidades de água para os seres humanos e a natureza

ATIVIDADE 6.1.1. Quantificação dos Serviços Hidro-ambientais das Ações de Restauração Propostas, em Diferentes Cenários de Restauração e Clima

Coordenação: Henrique Marinho Leite Chaves

OBJETIVOS

- 1- Quantificar, via monitoramento hidrológico expedito e modelagem, os impactos hidrossedimentológicos do uso atual do solo nas microbacias e propriedades selecionadas;
- 2- A partir do diagnóstico e das atividades propostas de restauração nas áreas de estudo, avaliar os serviços hidrológicos resultantes, utilizando modelos hidrossedimentológicos apropriados, em diferentes cenários climáticos futuros do IPCC;
- 3- Uma vez quantificados os serviços hidro-ambientais, como o aumento das vazões de estiagem e a redução da sedimentação nas bacias estudadas, valorar os benefícios, usando metodologias apropriadas

MÉTODOS

Os métodos a serem utilizados para a quantificação e valoração dos serviços hidrológicos são modelos hidrológicos e econômicos atuais, tais como o InVEST (Natural Capital, 2020) e o Excedente do Consumidor (Chaves, 2011), respectivamente.

O primeiro utiliza dados hidrológicos e pedológicos locais para calcular a produção de água e sedimentos, bem como a recarga da água subterrânea nas bacias selecionadas (Figuras 7 e 8):

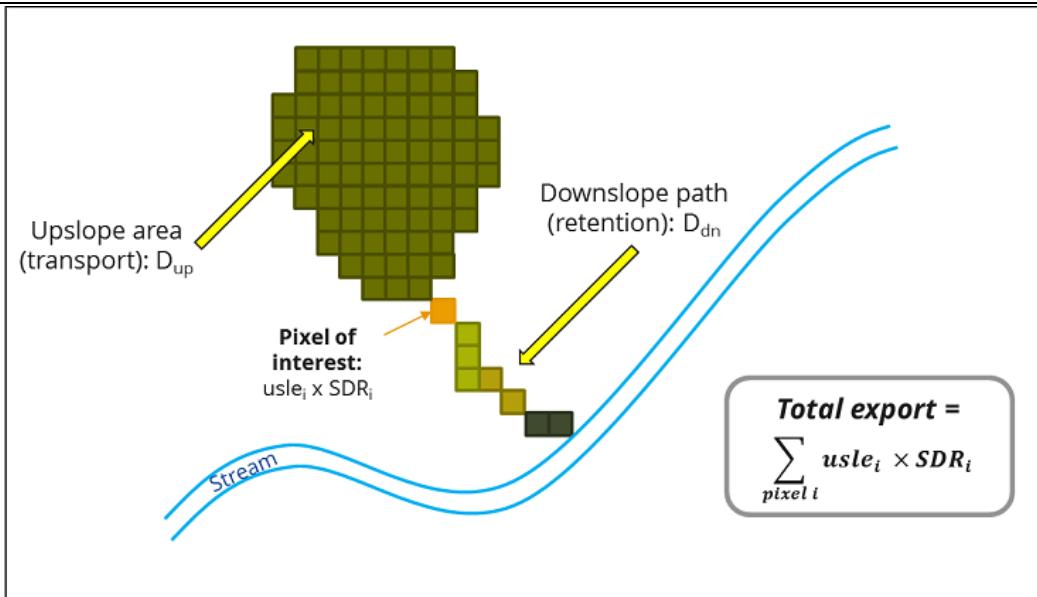


Figura 7. Layout de aplicação do modelo InVEST-SDR em micro-bacia. Fonte: NCP (2020).

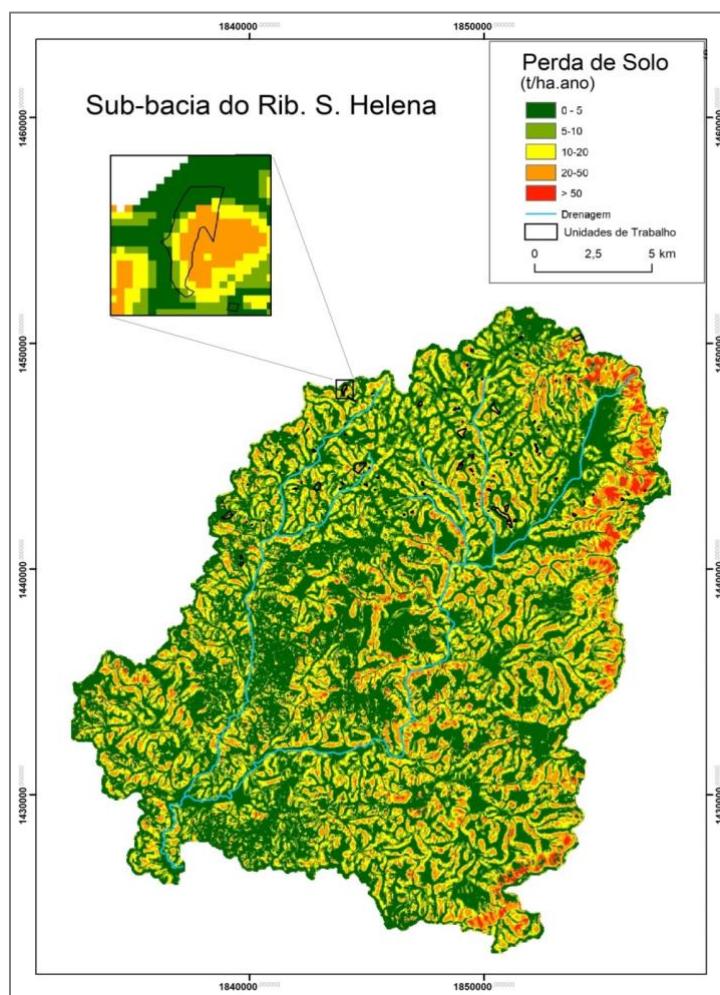


Figura 8. Aplicação do modelo Invest-SDR em sub-bacia do rio Doce (MG). Fonte: Chaves (2019).

Os cenários de uso atual do solo envolverão o Atual (Linha de Base), e os futuros incluirão cenários prospectivos de restauração ambiental, tais como recuperação de pastagens, reflorestamento de APPs, etc. No caso de avaliação do impacto de mudanças climáticas futuras, serão utilizados dados de P e T anuais regionalizados de GCMs, em grades de 5 e 20 km, em 2050 e 2070 (Figura 9).

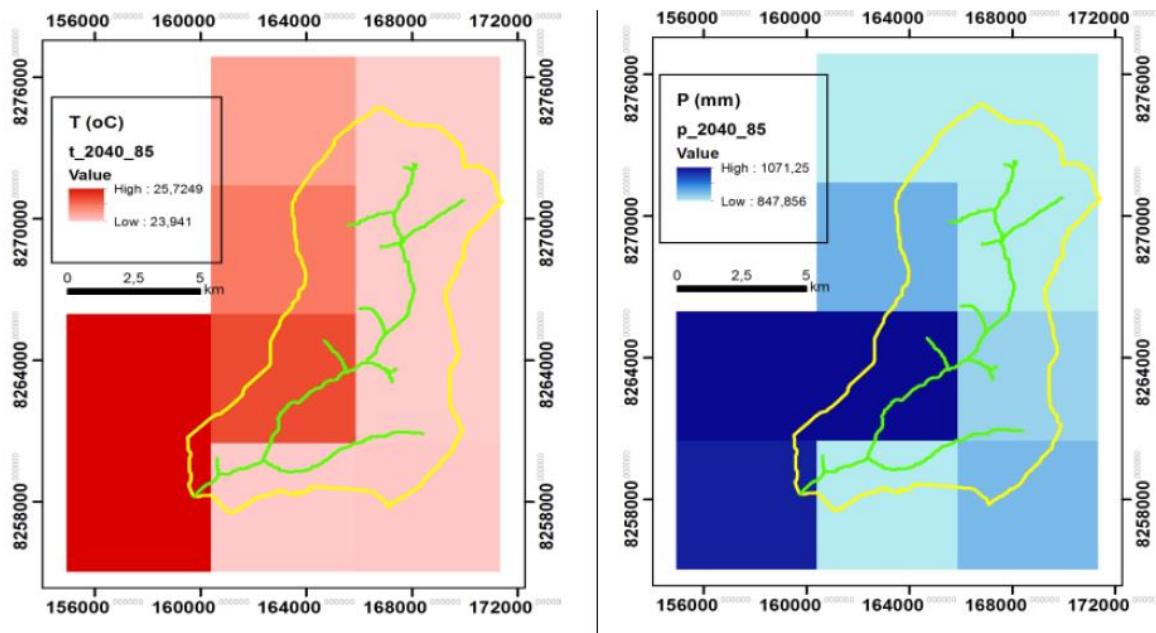


Figura 9. Dados regionalizados de P e T em 2040 em bacia do Distrito Federal. Fonte: Chaves (2020).

A partir dos dados médios anuais de P e T de bacias não monitoradas (Figura C), serão obtidas as vazões médias anuais, atuais e nos cenários futuros de bacias, utilizando os modelos de Gardner (2009) e Holland (1978), calibrados para o Cerrado por Campos e Chaves, (2020).

$$Q_e = P \cdot e^{(-ET/P)} \quad [1]$$

$$ET = 1,2 \cdot 10^{10} e^{(-4620/Tk)} \quad [2]$$

Onde: Q_e (mm) = escoamento total anual específico na bacia;

P (mm) = precipitação anual média na bacia; e

ET (mm) = evapotranspiração potencial anual na bacia.

ET (mm) = evapotranspiração potencial anual média na bacia;

T_k ($^{\circ}$ Kelvin) = temperatura média anual na Bacia ($T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celcius}} + 273,2$).

Os serviços hidroambientais serão obtidos pela diferença entre a produção de água nas micro bacias durante a estiagem, e da diferença entre a sedimentação em seu exutório no período chuvoso, antes e depois das restaurações planejadas.

RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados desse Tema são a definição de cenários adaptáveis de uso e manejo do solo na região, que possam assimilar as mudanças climáticas futuras, bem como os serviços hidro-ambientais quantificados desses usos e manejos, em comparação com a condição antes do projeto, e sua respectiva valoração econômica, facilitando assim a implantação de programas de pagamento por serviços ambientais na região do Estudo.

6.2. Fragmentação e Restauração de Rios

ATIVIDADE 6.2.1. Integração da restauração ecológica aos sistemas produtivos, baseada no serviço ambiental prestado pelo gado através do pastejo, minimizando a competição entre o componente forrageiro e arbóreo.

Coordenação: Solange Ikeda

A integração da restauração ecológica aos sistemas produtivos sustentáveis é fundamental para a conservação dos recursos naturais. Esta integração visa diversificar o sistema produtivo, aumentando direta ou indiretamente a sua produtividade, dando condições para a melhoria dos serviços ambientais e retorno financeiro para a propriedade. Um dos grandes desafios da restauração ecológica está em despertar o interesse do produtor em promover a manutenção e conservação das áreas naturais, e de conduzir o manejo agrícola adequado nas áreas de recarga. No caso das áreas de proteção ambiental, é necessário isolar as áreas protegidas e realizar o manejo das espécies exóticas susceptíveis ao fogo, o que incorre em altos custos de manutenção, sem o retorno financeiro direto do investimento. Por sua vez, em relação às áreas de recarga, a falta de conhecimento do produtor de tecnologias ambientalmente sustentáveis e economicamente rentáveis é apontada como a principal causa da manutenção do cenário negativo na conservação dos mananciais de água. Em busca de soluções para a situação, desde 2016 a Embrapa Cerrados e parceiros vem estudando formas de manejo para promover a integração das áreas de restaurações ecológicas aos sistemas produtivos, de modo que o processo de restauração resulte em renda para o produtor. No Brasil, os desafios maiores para a restauração ecológica são: 1) o controle de gramíneas exóticas agressivas e de incêndios, 2) o

estímulo à regeneração natural em áreas com baixa resiliência e 3) o controle de bovinos nas áreas em recuperação. Em muitas situações, é necessário o isolamento das áreas com cercas, que incorre em altos custos. Em busca de uma alternativa para esses desafios, a hipótese é que a presença de bovinos zebus sob pastejo nessas áreas, em baixa taxa de lotação, promova o controle da biomassa de gramíneas, diminuindo a probabilidade de ocorrência de fogo e facilitando o crescimento das mudas de espécies nativas, favorecendo assim a regeneração natural. Esta proposta é inovadora porque possibilitará a mudança de paradigma ao se usar o serviço ambiental gerado pelo gado. Cabe ressaltar que a utilização de bovinos para controlar gramíneas invasoras em experimentos de restauração ecológica ainda é pouco estudada. Nesse contexto, a integração das áreas em processo de restauração e dos sistemas produtivos empregando a pecuária, pode promover a retroalimentação desses sistemas e propiciar o retorno ou melhoria dos serviços ambientais.

OBJETIVOS

- 1- Analisar o uso e ocupação da região em estudo e seus Impactos Ambientais;
- 2- Promover a adoção de sistemas Integrados de Restauração Ecológica com os Sistemas Produtivos, utilizando espécies nativas do Cerrado e a pecuária (em manejo adequado) como ferramenta na restauração ecológica para minimizar a competição entre o componente forrageiro e arbóreo e a ocorrência de incêndios, visando à diversificação da paisagem bem como a adequação ambiental da propriedade rural;
- 3- Sistematizar a metodologia para estabelecimento das bases produtivas sustentáveis com vistas à restauração ecológica integrada à produção;
- 4- Avaliar os efeitos da integração da área de restauração ecológica com a pecuária;
- 5- Adotar metodologia para seleção de espécies com base em seu potencial de restaurabilidade e uso das espécies nativas do Cerrado.

METODOLOGIA

Uso e ocupação da região em estudo e seus Impactos Ambientais

Serão realizados a junção de variáveis ambientais para analisar a qualidade da paisagem. Nesse sentido, serão feitos os estudos com base na qualidade da paisagem, suscetibilidade da área e potencial de perda de solos, a fim de poder sugerir as melhores práticas e intervenções e, preventivamente, as melhores técnicas de recuperação e restauração da área. As variáveis ambientais proposta para a área de estudo serão: uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, classes de

solo e declividade. Para o mapeamento do uso e da cobertura do solo serão utilizados dados da base digital do Projeto MapBiomas (<http://mapbiomas.org/>), escala de 1:1.000.000, período de 1985 a 2020 e feito o recorte da área de interesse, considerando os percentuais de áreas com cobertura vegetal nativa, nas APPs e entorno.

A base de dados pedológica, geológico e geomorfológica serão realizadas a partir de mapeamentos existentes na literatura, e disponibilizados nos órgãos oficiais, além de atividades de campos, caso seja necessário.

Para a de drenagem superficial, que compreende os cursos e corpos d'água, será utilizada imagens de satélites, dados de campo e bases de dados que contém esse tipo de informações, tais como a Agência Nacional das Águas (ANA).

A declividade da área será obtida por meio dos dados altimétricos especializados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 1 segundo de arco, aproximadamente 30 metros (USGS, 2015) no endereço <https://earthexplorer.usgs.gov/>. A declividade será agrupada em classes, segundo Embrapa (1979).

Quanto os fatores antrópicos serão considerados as interferências visuais representadas pelas formas de uso e ocupação do solo. Nesta etapa será possível identificar as áreas degradadas, considerando o baixo vigor da vegetação, presença de solo exposto, trilhas de gado e até mesmo manchas de erosão. Posteriormente, será realizada a análise de fragmentação da vegetação, considerando forma e isolamento dos fragmentos conforme a escala de *Braum-Blanquet*.

A suscetibilidade à erosão da área de estudo, será realizada a partir das variáveis ambientais, onde os dados e as informações serão agrupados segundo as classes de suscetibilidade à erosão muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Para estimar a perda de solos será utilizada a equação universal de perdas de solo (USLE). Nesse sentido, serão identificadas as áreas com maiores risco de perda de solos e que, posteriormente, serão realizadas práticas de intervenção visão a recuperação e restauração daquela área e, preventivamente, serão abordadas técnicas e práticas conservacionistas para um melhor uso da terra.

O índice de qualidade da paisagem (IQP) será determinado com base na metodologia adaptada de Vilela *et al.* (2011). Esse índice considera as análises dos componentes físicos (declividade, hipsometria e compartimentos geomorfológicos), biológicos [contexto florístico (tipologia da cobertura vegetal), associados valores relativos a componentes faunísticos] e antrópicos (as interferências visuais representadas pelas formas de uso e ocupação do solo), com o objetivo de avaliar a alteração e a qualidade da paisagem em função do manejo empregado.

A validação e a exatidão dos mapeamentos serão efetuadas posteriormente, em campo.

Adoção, pelos produtores, de sistemas Integrados de Restauração Ecológica a Pecuária (em manejo adequado).

A participação dos produtores rurais neste processo é de fundamental importância para o sucesso das ações de todo o projeto. Neste contexto serão feitas reuniões com apresentação da proposta e resultados preliminares do uso e ocupação do solo para que juntos possamos implementar ações que beneficiem o desenvolvimento sustentável da região. Desta forma se faz necessário o estabelecimento de parceria para a viabilizar a restauração ecológica integrada à produção.

Metodologia para seleção de espécies com base em seu potencial de restaurabilidade e uso das espécies nativas do Cerrado

Tradicionalmente a escolha das espécies para a restauração baseia-se em características ecológicas: capacidade de atrair fauna, arquitetura da planta e categoria sucessional. Atualmente a tendência é combinar critérios ecológicos, sociais e técnicos. Nesse cenário, Albuquerque *et al* (2019) propõem analisar o potencial de restaurabilidade e uso (PRU) das espécies nativas de mata ripária, com a finalidade de ter critérios ecológicos de maior importância para a restauração, como também associá-lo aos usos múltiplos das espécies. O potencial de restaurabilidade e uso (PRU) agrupa as informações do potencial ecológico (PE) para a restauração e do potencial de uso (PU) das espécies. O potencial ecológico (PE) baseia-se nos critérios: categoria sucessional, tipo de fruto, capacidade de atração de fauna e área de projeção de copa. O potencial de restaurabilidade e uso (PRU) surge como uma alternativa eficiente para selecionar espécies para o processo de restauração ecológica. O PRU agrupa valor as espécies utilizadas na restauração ecológica, uma vez que, pode fornecer alternativas de ganhos econômicos para produtor associada a melhoria no processo de restauração ecológica.

Avaliar os efeitos da integração da área de restauração ecológica com a pecuária

Monitoramento do desenvolvimento das espécies nativas

Nesta parte será avaliado o desempenho das espécies nativas em áreas em restauração por meio da avaliação do percentual de sobrevivência e da taxa de crescimento em altura e diâmetro das plantas de espécies nativas, assim como dos fatores que podem afetar o seu desenvolvimento no sistema de Integração Restauração Ecológica a Pecuária (IRPE). Estas variáveis serão monitoradas nos primeiros seis meses e depois anualmente.

A partir da escolha das propriedades que irão aderir a implantação de áreas demonstrativas de integração restauração ecológica a pecuária (IREP) serão instalados em duas áreas demonstrativas com dois tratamentos, com três repetições: T1-com bovinos jovens (12 a 18 meses) e T2-sem bovinos. O manejo adequado dos bovinos será feito em baixa taxa de pastejo, com uso de animais com menor peso vivo (450 kg/ha), pastejo da área por controle de altura de pastagem (entrada com 30 cm, saída com 15 cm). As variáveis analisadas nos dois tratamentos serão herbívoras foliar e caulinar, assim como o número de ramos quebrados da planta. Com essas avaliações serão calculadas a frequência de ocorrência da herbívora nas partes da planta (ápice, caule ou folhas), bem como o tipo de herbívora (mastigação ou corte). Também será observada a resposta da planta a herbívora, que é a sua capacidade de rebrota ou não. Para cada espécie, dos dois tratamentos, será calculada a razão entre a frequência e a intensidade de ocorrência de cada um destes fatores que podem afetar o desenvolvimento. A periodicidade do monitoramento deste experimento é anual. Para se analisar os fatores que podem influenciar na sobrevivência será utilizada a *Análise de Cluster* para a definição dos agrupamentos de espécies de cada tratamento (T1 e T2), em função das similaridades observadas no comportamento da variável escolhida: sobrevivência total (percentual) e fatores que afetam a sobrevivência. Para se avaliar o crescimento anual a partir da altura e do diâmetro de cada muda será considerado todas as variações, tanto aumento como diminuição da altura e diâmetro dos indivíduos, desta forma serão encontradas as taxas de crescimento para cada espécie por tratamento, para tal se utilizará o modelo de regressão linear ($Y = a + b.x$), onde: y = variável dependente; a = intercepto; b = coeficiente angular; x = variável independente (representa dias). A partir destes dados será obtida a taxa de crescimento por meio da análise não paramétrica de *Kruskal-Wallis*, todas as análises serão feitas no programa R 3.5.2 (R Core Team 2018). As regressões serão validadas via Teste *T* e o coeficiente de validação (R^2).

Paralelamente a este monitoramento tradicional será feito também o monitoramento da vegetação com o uso de sensoriamento remoto e SIG. O monitoramento das ações de restauração é primordial para aferir, com precisão, a efetividade das ações de intervenção no tempo e no espaço. Neste projeto serão monitoradas as áreas de estudo e áreas adjacentes, empregando técnicas de sensoriamento remoto e SIG com apoio de campo, conforme metodologia já consolidada. O monitoramento será efetuado no início do projeto (tempo zero) e ao final do projeto comparando-se: a) metodologias empregadas no processo de restauração, b) desenvolvimento da cobertura vegetal nas áreas de estudo e o desenvolvimento da vegetação em áreas adjacentes não submetidas às ações de restauração empregadas no projeto.

Monitoramento da regeneração natural e biomassa de gramíneas das áreas em restauração por meio de mapeamento feito por câmeras RGB, RGN e termal a bordo de veículos aéreos não tripulados (VANT)

O monitoramento automático por meio de VANT de áreas de restauração tem se intensificado pela maior eficiência e menor custo dessa tecnologia quando comparado com trabalhos de campo tradicionais (Zahawi, et al., 2015), o objetivo da atividade é monitorar o desenvolvimento da regeneração natural em áreas de restauração por meio de mapeamento fotogramétrico para estimar a densidade, cobertura e número de espécies de regenerantes nas áreas estudadas. O mapeamento fotogramétrico será feito antes e depois da implementação do projeto de restauração com uso de um veículo leve não tripulado (VANT) classe III, modelo *Phantom 4* equipado com câmera RGB, uma câmera RGN (Red, Green, Near infrared). Dados termais também serão obtidos por meio de uma câmera infravermelha termal. Os voos serão realizados de forma autônoma, com uma velocidade constante de 12 m/s, altura variando entre 80 e 160 metros acima do solo e sobreposição frontal e lateral de 85% entre as faixas de voo. O processamento das fotografias aéreas será feito com a utilização do software *Pix4D Mapper* pelo procedimento *SIFT* (Scale-Invariant Feature Transform). O produto gerado será um mosaico de ortofotos georeferenciado com resolução espacial (GSD – ground sample distance) de 3,5 a 7 cm. A câmera com infravermelho próximo (NIR) será utilizada para a obtenção de NDVI, e avaliação de biomassa aérea de gramíneas exóticas. Dados termais serão utilizados para a identificação da heterogeneidade térmica, considerando que as áreas com maior calor sensível (e menor calor latente) serão associadas a maior temperatura. Entende-se que dados de RGB, RGN e termais são complementares e proporcionarão um monitoramento eficaz da regeneração.

Avaliação do efeito do pisoteio pelo gado na qualidade e conservação do solo em áreas em processo de restauração ecológica com espécies nativas do Cerrado.

O efeito do pisoteio nas áreas de restauração ecológica será avaliado por meio da avaliação de atributos físicos (densidade aparente e porosidade) e químicos – Fertilidade (macronutrientes e matéria orgânica), que seguirão metodologias descritas no Manual de Métodos de Análises de Solos da Embrapa – (TEIXEIRA et. al., 2017) na camada superficial do solo (0 a 5 e 5 a 10 cm), onde se espera maior efeito do pisoteio proporcionado pelo gado. Serão verificados o grau de compactação dos solos, utilizando testes de resistência do solo à penetração com o Penetrômetro de Impacto (BAESSO et al., 2020). Espera-se que prováveis alterações físicas nas camadas superficiais do solo,

como adensamento e redução de porosidade e grau de compactação afetem não apenas o crescimento radicular, mas também a atividade biológica.

METAS

1. Caracterização do uso e ocupação do solo na região de estudo.
2. Adoção, pelos produtores, de sistemas Integrados de Restauração Ecológica a Pecuária (em manejo adequado).
3. Adoção de metodologia para seleção de espécies com base em seu potencial de restaurabilidade e uso das espécies nativas do Cerrado
4. Implantação das áreas demonstrativas de Integração da de Restauração Ecológica a Pecuária
5. Formação de técnicos de campo para monitoramento das áreas demonstrativas e, consequentemente, para um programa de longo prazo.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Orientação técnica (Metodologia Técnico- Científica) para estabelecimento das bases produtivas para restauração ecológica integrada à produção (IREP);
2. Tecnologia ou processo para restauração ecológica utilizando a pecuária
3. Capacitação e atualização tecnológica de agentes multiplicadores

INDICADORES DE PROGRESSO

1. Reuniões com Produtores rurais de pequeno, médio e grande porte;
2. Relatório técnico;
3. Indicador de Qualidade da Paisagem (IQP).

BENEFÍCIOS E DIFERENCIAL:

Esta proposta é inovadora ao integrar conceitos de restauração ecológica com sistemas de produção sustentáveis que podem auxiliar o produtor a viabilizar economicamente a adequação ambiental da propriedade rural. É ainda relevante por fornecer dados que possibilitarão a mudança de paradigma ao se usar a pecuária como aliada da restauração ecológica no sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), aqui tipificado como Integração Restauração Ecológica a Pecuária (IREP). Espera-se que a presença de bovinos zebus pastejando nessas áreas, em baixa taxa de lotação,

promova o controle da biomassa de gramíneas e auxilie na recuperação da pastagem, com isso haja a facilitação do desenvolvimento das mudas de espécies nativas, bem como favoreça a regeneração natural e diminua a probabilidade de ocorrência de incêndios, assim como os gastos com aceiros e roçagem. Neste sistema IREPE, as gramíneas, sob manejo adequado dos bovinos, são fundamentais para não deixarem o solo nu e controlarem o processo erosivo dessas áreas em processo de recuperação. Esta abordagem poderá fornecer uma importante ferramenta metodológica às propriedades que precisam se adequar à legislação ambiental e/ou aquelas propriedades que querem expandir esta recomendação técnica para introduzir ou manter o componente florestal utilizando os serviços ambientais prestados pelos bovinos no controle da biomassa de gramíneas.

APLICAÇÕES E PÚBLICO -ALVO:

Esta tecnologia ou processo para restauração ecológica utilizando a pecuária subsidiará, no futuro, a definição de políticas públicas para que outros produtores, que necessitem controlar as gramíneas e facilitar a regeneração natural, tenham o acesso à uma tecnologia de produção agrícola ambientalmente sustentável, com o aumento da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. O público-alvo são produtores rurais, técnicos agrícolas e ambientais, extensionistas rurais, consultores ambientais e agropecuários, assim como cooperativas e sindicatos rurais.

ATIVIDADE 6.2.2. Fragmentação da Bacia do rio Tocantins-Araguaia e seus afluentes

Coordenador: Yara Moretto

A degradação e a fragmentação do meio ambiente têm causado grandes perdas à biodiversidade nos últimos anos e dentre as estratégias utilizadas para reabilitar paisagens fragmentadas e conservar as espécies, ações que promovam o aumento da conectividade têm sido fundamentais para manter funções ecológicas do ecossistema, como a dispersão dos animais e o fluxo gênico (Crist et al., 2005; Castro et al., 2020). A conectividade é considerada uma determinante chave para preservar a funcionalidade de paisagens naturais e um critério decisivo para o sucesso das estratégias de conservação (Levin e Lubchenco, 2008; Foley et al., 2010; Crosby et al., 2010; Liquete et al., 2015; Engelhard et al., 2017).

O conceito da conectividade de paisagem não é aplicado somente para ambientes terrestres, sendo também utilizado para os ambientes aquáticos, na chamada conectividade hidrológica ou fluvial. No ambiente aquático, a conectividade influencia inúmeros processos físicos e biológicos em

bacias hidrográficas, aumentando as interações entre os corpos de água e a zona ripária, promovendo o movimento da água, dos sedimentos, dos nutrientes, dos detritos e dos organismos vivos (Rocha e Rocha, 2007; Covino, 2017).

A interrupção da conectividade fluvial em escala nacional no Brasil é extensa. Muitas barragens e represas desempenham funções essenciais para a sociedade humana. Elas apoiam a captação de água para usos doméstico e industrial, facilitam a navegação para o comércio, e as represas hidrelétricas são essenciais para a geração de energia e para atingir as metas de energia renovável. Isso tem levado a demandas crescentes de geração de energia hidrelétrica e água no Brasil, provavelmente envolvendo a construção de novos barramentos hidrelétricos, interrompendo o livre fluxo de grandes rios. A TWRA trabalhará para a efetiva reabilitação do funcionamento dos ecossistemas fluviais, aprimorando nossa compreensão da complexidade e das compensações das barreiras de fluxo, bem como identificando e criando processos de priorização ambiental no contexto de sustentabilidade.

Em 2016 havia 162 grandes hidrelétricas (UHE), com geração superior a 30.000 kW, e 743 pequenas centrais hidrelétricas (PCH), com geração entre 3.000 kW e 30.000 kW em bacias hidrográficas no cerrado brasileiro. Dessas, 52 UHE e 129 PCH estavam em operação e o restante estava em construção ou em estágio avançado de planejamento. O grande potencial de desenvolvimento hidrelétrico no Cerrado também é preocupante, uma vez que 73% da área de UHE e 30% das PCH no Brasil estão localizadas nesse bioma (ANEEL, 2017). Estudos recentes indicam que a estratégia de desenvolvimento de energia no Brasil priorizou, e ainda prioriza, critérios econômicos em detrimento dos ambientais, principalmente no que diz respeito à instalação de barragens hidrelétricas e sua distribuição em todo o território nacional. O estabelecimento de UHE e PCH no Cerrado produziu impactos ambientais diretos e indiretos. Um ponto importante é que os impactos cumulativos vão além da influência local de barragens hidrelétricas individuais e seus reservatórios. Como tal, os efeitos da instalação de UHE e PCH devem ser analisados de maneira integrada em escala de bacias hidrográficas. As 724 barragens planejadas no Cerrado aumentarão ainda mais os impactos ambientais negativos em um dos biomas mais ameaçados do mundo.

Além de alterar os regimes de vazão, as barragens hidrelétricas afetam significativamente as conexões longitudinais e laterais nos ecossistemas fluviais e estão associadas ao aprisionamento de sedimentos e impactos associados aos deltas encolhidos e à perda de conexões rio-planícies de inundação. A modificação das planícies de inundação para o uso intensivo das terras agrícolas e

urbanas também pode interromper importantes conexões laterais e degradar habitats aquáticos importantes que sustentam a produção pesqueira.

A construção de barragens hidrelétricas causa sérias mudanças no contínuo fluvial a montante e a jusante, com mudanças no regime de vazão, tempo de residência na água, composição de espécies, retenção de água, sedimentos e acúmulo de matéria orgânica. A montante, mudanças nas características ecológicas são observadas quando o ecossistema lótico (de água corrente) é substituído por um ecossistema com características semi-lênticas (com maior tempo de residência e acumulação).

O gerenciamento das barragens hidrelétricas também promove mudanças na ecologia dos trechos do rio a jusante, devido ao fluxo liberado, influenciando diretamente a chamada vazão ambiental (ou vazão ecológica). Em outras palavras, o volume, a frequência e a periodicidade da água disponível a jusante de barragens hidrelétricas influencia a qualidade da água, manutenção de habitats fluviais, bens e serviços ecossistêmicos para populações humanas ribeirinhas e biodiversidade aquática. A fragmentação causada pela construção de barragens hidrelétricas em cascata em grandes rios no Brasil (por exemplo, rio São Francisco, rio Paraná, rio Grande, rio Tietê) tem sido intensamente estudada por diferentes equipes de pesquisa.

Esse tema trabalhará para a efetiva reabilitação do funcionamento de ecossistemas fluviais, aprimorando nossa compreensão da complexidade e das compensações das barreiras em rios tropicais, bem como identificando e criando processos de priorização.

OBJETIVOS

1. Avaliar perdas no fluxo e conectividade da biodiversidade aquática global pela fragmentação do habitat do rio e encontrar formas de minimizar os impactos da rede de produção de energia hidráulica na bacia do Tocantins-Araguaia.
2. Elaboração de um banco de dados geográfico agrupado referentes às barreiras de fluxo de rios para a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia.
3. Desenvolver índices a partir da integração dos indicadores multidimensionais (sociais, econômicos e ambientais) em um Índice de Sustentabilidade que demonstre perdas e ganhos entre economia, sociedade e meio ambiente.
4. Avaliar através da teoria de grafos, o nível atual e futuro de conectividade para espécies de peixes da bacia em questão, bem como estabelecer áreas prioritárias para a conservação por meio da análise da conectividade hídrica onde serão atribuídos, através

do índice de passabilidade, utilizando a probabilidade de movimentação bidirecional das espécies (probabilidade de passagem; PP), nas direções montante/jusante e jusante/montante.

METODOLOGIA

Modelo da rede hídrica da bacia:

A rede hídrica da bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia será obtida a partir da base de dados HydroSHEDS, considerando apenas rios de terceira ordem ou maior (Lehner et al., 2008). A conectividade da bacia do rio Tocantins-Araguaia será quantificada de acordo com a quantidade de barragens e com o índice de passabilidade desenvolvido, considerando o cenário atual e futuro da bacia. No cenário atual serão incluídas apenas barragens em operação, enquanto no cenário futuro serão incluídas barragens planejadas, em fase de construção e em operação. Com o objetivo de avaliar a conectividade da bacia, será utilizada uma abordagem derivada da Teoria dos Grafos (Erös et al., 2011, Erös et al., 2012; Rincón et al., 2017), na qual os segmentos dos rios serão considerados nós. Cada segmento poderá ser representado por medidas de comprimento e largura média que representam o habitat associado e, além disso, serão atribuídos diferentes pesos aos “links” ou conectores dos respectivos nós presentes na rede hídrica (e.g. cabeceiras, confluências, foz de rios e obstáculos transversais, como barragens; Erös et al., 2012).

Os pesos relativos aos “links” serão atribuídos através do índice de passabilidade, utilizando a probabilidade de movimentação bidirecional das espécies (probabilidade de passagem; PP), nas direções montante/jusante e jusante/montante. Conexões entre dois segmentos que não apresentarem nenhuma obstrução terão PP igual a 1, dado que as espécies têm livre movimentação entre estes segmentos. Por outro lado, para segmentos que possuírem barragens, serão atribuídos valores de acordo com o índice de passabilidade, sendo o valor 0 atribuído às barragens que impeçam completamente a mobilidade dos peixes. Após finalizada a construção dos grafos utilizando a PP de cada nó, em cada cenário, estes poderão ser comparados com a finalidade de avaliar qual será o impacto das barragens planejadas e em construção na conectividade fluvial, considerando as principais espécies migradoras da bacia. As análises serão realizadas no software R (R Core Team, 2020), utilizando os pacotes: “igraph” (Csardi; Nepusz, 2006), “shp2graph” (Lu et al., 2018), “lconnect” (Mestre; Silva, 2019) e “SiMRiv” (Quaglietta; Porto, 2019).

Índice de sustentabilidade Ambiental

A principal forma de mensurar o progresso do desenvolvimento sustentável, é por meio de indicadores (Mayer et al., 2008; Singh et al. 2008; Jain & Jain, 2013). Estes, correspondem a variáveis genéricas que descrevem o estado de um sistema, geralmente por meio de variáveis oriundas de observações ou dados estimados (Jain and Jain, 2013). Os índices são fundamentais por conferirem praticidade e objetividade à avaliação do desempenho dos esforços no sentido do desenvolvimento sustentável. Sem tais indicadores, é praticamente impossível transformar pensamentos e projeções em ações objetivas (Mayer et al., 2008, Jain e Jain, 2013). Dessa forma, os indicadores possuem capacidade de resumir, focar e condensar a enorme complexidade do nosso ambiente dinâmico para uma quantidade gerenciável de informações relevantes (Godfrey e Todd, 2001; Singh et al. 2008). Estes indicadores passarão por um processo de seleção que será baseada nos indicadores propostos pela agenda 2030 e, em seguida uma filtragem, a fim de otimizar o máximo de informação no menor número de indicadores. À obtenção dos indicadores selecionados, será atribuído peso a estes indicadores, por meio de uma análise de multicritério de AHP, onde os indicadores são comparados par a par, por diferentes “stakeholders” que irão representar as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável na bacia. O índice de Sustentabilidade será composto com base na média ponderada entre as dimensões e focado nos impactos dos barramentos atuais e projetados para o futuro.

METAS

- 1- Elaboração de índices de passabilidade para peixes de maior significado econômico e ecossistêmico da bacia Hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia.
- 2- Modelar o nível atual e futuro de conectividade para espécies de peixes da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia;
- 3- Projeção de áreas prioritárias para conservar a conectividade (trechos do rio prioritários para ficarem livres de barramentos).
- 4- Elaboração de uma carta índice de sustentabilidade ambiental.

RESULTADOS ESPERADOS

- 1- Webmap com bancos de dados geográfico agrupados referentes a barreiras de fluxo de rios para a bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia;

2- Mapas com as classificações de prioridade de conservação de trechos do rio prioritários para ficarem livres de barramentos baseado em critérios técnicos e científicos.

3- Mapa da sustentabilidade ambiental da bacia com indicadores de maior e menor impactos para ações imediatas.

INDICADORES DE PROGRESSO

- 1- Reuniões com os diversos setores da sociedade
- 2- Banco de dados ambiental robusto
- 3- Relatório circunstanciado

PÚBLICO BENEFICIADO

1. Produtores rurais de pequeno, médio e grande porte;
2. População rural e urbana com a abertura de cursos para a formação de mão de obra especializada para atuar no PRAD.
3. Ferramentas para auxiliar o gestor público a planejar e gerenciar o desenvolvimento da região.
4. Ferramentas para juízes e promotores embasarem seus vereditos através de um índice de sustentabilidade específico para a região.
5. A população que terá a garantia da manutenção dos serviços ambientais e novas perspectivas de desenvolvimento econômico sustentável e duradouro.

ATIVIDADE 6.2.3. Valoração dos impactos causados na zona ripária

Coordenador: José Francisco Gonçalves Júnior

Determinar o valor econômico de um recurso ou serviço ambiental é estimar o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia/sociedade. A estimativa destes custos e benefícios não é simples, pois precisamos identificá-los e definir os critérios que tornem as estimativas deles comparáveis entre si e no tempo. Alguns bens e serviços públicos são de difícil precificação pelo mercado e meio acadêmico, assim, a definição dos preços precisa de um suporte bibliográfico e comparações grosseiras pela falta de informação técnicas aprimoradas, onde muitos dos recursos ambientais são exemplos clássicos destas questões. Isto pode levar a uma imprecisão e dificuldade de expressão de valores, onde devemos sempre usar a parcimônia para realizar os cálculos, preços sombras e a capacidade do agente infrator de pagar os custos ambientais. Além disso, os recursos devem ser considerados quanto ao seu usufruto para as gerações futuras, onde devemos incorporar na valoração questões temporais. Diante disso, os custos e benefícios dos recursos ambientais devem ser considerados quanto ao bem-estar das pessoas.

OBJETIVO

1- Valorar ambiental da área piloto na Bacia do Tocantins-Araguaia como um modelo de multiplicação de boas práticas.

METODOLOGIA

A valoração econômica dos recursos ambientais degradados está baseada em: NBR 14653-6:2008; Mota (1998); Maia, Romeiro & Reydon (2004). Para definir o método a ser utilizado identificamos os recursos, seus atributos, os bens e serviços que sofreram degradação na área (Figura 10).

Segundo Mota (1998) “é comum na literatura desagregar o valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU)”. Valores de uso podem ser, por sua vez, desagregados em:

Valor de Uso Direto (VUD) - quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto;

Valor de Uso Indireto (VUI) - quando o benefício atual do recurso se deriva das funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas;

Valor de Opção (VO) - quando o indivíduo atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser optados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais.

O valor de não-uso (ou *valor passivo*) representa o *valor de existência (VE)* que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo. Uma expressão simples deste valor é a grande atração da opinião pública para salvamento de baleias ou sua preservação em regiões remotas do planeta, onde a maioria das pessoas nunca visitarão ou terão qualquer benefício de uso. Assim, uma expressão para VERA seria a seguinte:

$$\text{VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VE}$$

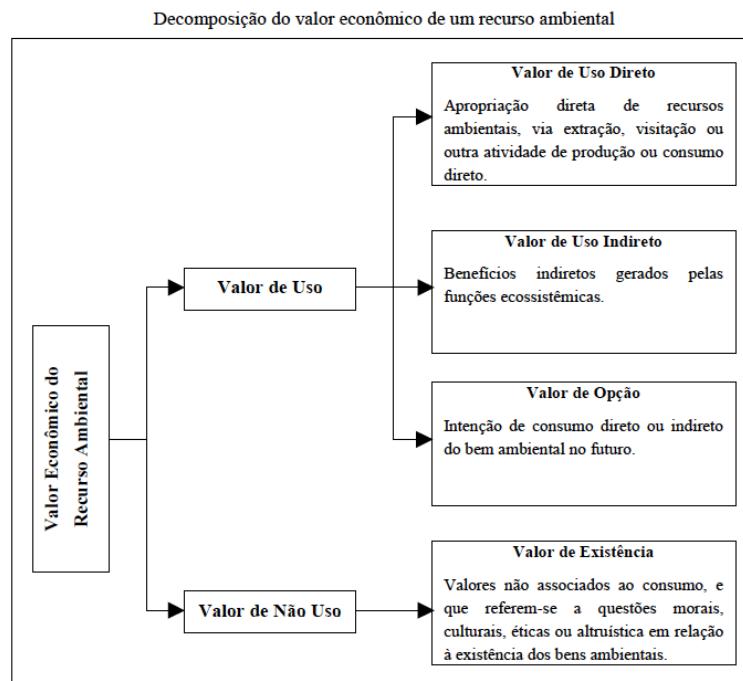


Figura 10: Retirada do livro Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Alexandre Gori Maia Ademar Ribeiro Romeiro Bastiaan Philip Reydon Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 116, mar. 2004.

A escolha da metodologia depende sempre do objetivo do trabalho e a disponibilidade de conhecimento sobre o local que será valorado. Além disso, teremos sempre no conceito matemático uma expressão do comportamento do consumidor e os efeitos do consumo ambiental nos diversos setores da economia. Diante disso, é primordial a necessidade de explicitar os fatores limitantes e os pressupostos assumidos na valorização. Para exemplificar consideraremos que os recursos e serviços ambientais foram degradados plenamente, diante disso, iremos considerar apenas o valor de uso, pois os recursos foram plenamente esgotados, devido a degradação completa. Além disso, o Valor de Existência será calculado com a perspectiva dos reparos aos danos para a geração futura, pois não há o que deixar, visto que todo o recurso foi esgotado. Assim,

VERA = VU+VE

Existem três campos básicos de aplicação da metodologia de valorização:

- 1- Identificação do valor dos recursos ambientais;
- 2- Identificação dos custos de oportunidade da proteção ambiental;
- 3- Determinação de prioridades e ações para subsídio da gestão ambiental.

O Método escolhido no exemplo é o **indireto** (NBR 14653-6:2008): *Este método, ao invés de estimar diretamente valores associados à disposição a pagar ou a receber dos indivíduos quanto a variações de qualidade ou quantidade ambiental, se utilizam de estimativas de custos associados aos danos. Por isso, seus valores devem ser entendidos como aproximações da verdadeira dimensão econômica dos danos e devem ser utilizados quando os métodos diretos não puderem ser aplicados por falta de dados (tanto ecológicos, como econômicos). Como são baseados em custos para reparar a qualidade ambiental ou re-localizar ou evitar os danos, sua dimensão pode incorporar valores de uso e de não-uso, pois assume-se que o dano seria restaurado ou evitado.*

Segundo Motta (1996) os métodos de valorização aqui analisados são assim classificados: métodos da função de produção e métodos da função de demanda. Neste trabalho o mais apropriado é seguir o **Método da função de produção**: *métodos da produtividade marginal e de mercados de bens substitutos (reposição, gastos defensivos ou custos evitados e custos de controle). Se o recurso ambiental é um insumo ou um substituto de um bem ou serviço privado, este método utiliza-se de preços de mercado deste bem ou serviço privado para estimar o valor econômico do recurso ambiental. Assim, os benefícios ou custos ambientais das variações de disponibilidade destes recursos ambientais para a sociedade podem ser estimados. Com base nos preços destes recursos*

privados, geralmente admitindo que não se alteram frente a estas variações, estimam-se indiretamente os valores econômicos (preços-sombra) dos recursos ambientais cuja variação de disponibilidade está sendo analisada. Equivalente tecnológico/equivalente natural, significa o preço sombra, em que o preço sombra serve para calcular o custo de reparação de dano, custo de substituição/custo de mitigação/reparação. O benefício (ou custo) da variação da disponibilidade do recurso ambiental é dado pelo produto da quantidade variada do recurso vezes o seu valor econômico estimado. Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desmatamento pode afetar a produtividade agrícola ou a redução do nível de sedimentação numa bacia, por conta de um projeto de revegetação, pode aumentar a vida útil de uma hidrelétrica e sua produtividade.

Isolamento do efeito das variáveis ambientais é muito difícil, assim, aquelas variáveis cujo efeito direto não é possível ser isolado, esta variável ou variáveis não será (serão) considerada(s) para fins de cálculo (p.ex. qualidade de água, pois depende da bacia de drenagem).

Estimativa dos Valores de Uso

Todos os custos dos serviços ambientais valorados foram estimados em valores de tarifas econômicas e dados levantados do ano corrente. Assim sugerimos a **não** adoção de juros e correção monetária para fins do lapso temporal do pagamento dos danos ambientais/passivo. Isto se deve a dificuldade de encontrar tarifas da época para todas as variáveis propostas e nos métodos de cálculos utilizados, que estão baseados em valores médios anuais. Além disso, sugerimos aplicar o princípio da parcimônia para fins de capacidade de pagamento dos valores encontrados atualmente. A partir da Tabela 2 de um exemplo hipotético para fins de pagamento do passivo ambiental:

Considerando de 2004 até 2019, totalizando 15 anos, em que para definir o valor de VERA é multiplicado o Valor de VUI por 15 e somado o VE; dessa forma, VERA = (VUI x 15) + VE

$$\text{VERA} = (\text{R\$ } 98.313,99 \times 15) + 102.947,50 = \text{R\$ } 1.577.657,35$$

Além destes custos, pode ser solicitado uma proposta de Recuperação da Área Degradada (para fins de cálculo fácil vamos comiserar uma área pequena de 885m²). Áreas pequenas podem ser considerada muito pequena e, certamente, um PRAD se tornaria inviável financeiramente. Contudo, esta área pode entrar em base de cálculo, para contribuir para fins de pagamento de um programa de recuperação ambiental (PRAD), além disso, para fins de recuperação de uma área similar, poderia compensar pela compra uma área natural (em forma de consorcio) e se comprometer a manter indefinidamente intacta ou comprar uma área equivalente a degradada para recuperá-la, o que do

ponto de vista ambiental é inócuo devido ao tamanho da área degradada. Em função das características da degradação, assim alguns caminhos são interessantes serem seguidos:

- Empregar os recursos destinados a recuperação em algum órgão ou instituição pública, que já possua um programa de recuperação ambiental. Assim, para os custos da recuperação da área degradada (PRAD), sugerimos o pagamento, durante um período de 4 anos (tempo médio de recuperação de uma área degradada segundo IN ICMBio nº 11 de dezembro de 2014), o valor total de R\$ 102.947,50 (correspondente ao VE) para um Programa de Recuperação de Unidades de Conservação existente. Sugerimos que este montante seja empregado no numa unidade de conservação, principalmente quando a área se encontra em uma zona de amortecimento e/ou em proteção de nascentes.

O valor anual a ser pago foi calculado a partir do VE dividido por 4 anos, logo, PRAD = R\$ 102.947,50 / 4 anos = R\$ 25.736,88 por ano a ser pago como compensação.

Tabela 2: Valores dos serviços ambientais perdidos com a degradação ambiental no exemplo hipotético.

VALORES SÓCIO-ECONÔMICOS DAS FUNÇÕES AMBIENTAIS PERDIDAS NA ÁREA HIPOTÉTICA (VERA)

FUNÇÕES AMBIENTAIS	VERA	
	VALOR DE USO INDIRETO (VUI) POR ANO	VALOR DE EXISTÊNCIA (VE)
Regulação do estoque de C dos solos hidromórficos	R\$ 85.469,32	R\$ 85.469,32
Regulação Microclimática	R\$ 3.635,28	R\$ 1.159,33
Produtividade vegetal	R\$ 1.207,49	R\$ 1.207,49
Infiltração de água	R\$ 8.001,90	R\$ 15.111,36
TOTAL	R\$ 98.313,99	R\$ 102.947,50

Custos Serviços Ambientais

Água (Impacto da impermeabilização para o aquífero e da remoção da APP para o controle da sua qualidade).

Na área hipotética consideramos o consumo de água médio de uma pessoa foi 4,5 m³/mês. O valor cobrado pela companhia de abastecimento seria R\$ 3,14/m³ para consumo de 0-10 m³ e R\$ 5,83/m³ para consumo na faixa de 11 a 15 m³. Considerando menos 6 pessoas residindo na área, a

faixa usada para o cálculo do serviço de abastecimento de água foi então R\$ 5,83/m³, visto que três pessoas acabam superando o valor mais baixo. Considerando que podemos encontrar uma situação variada e no estudo começar sem e depois de um tempo ocorrer a ligação de abastecimento e captação de esgoto, isso, é muito comum fora de regiões urbanas e as vezes há a entrega de água, mas não há sistema de captação de esgoto, o mesmo é depurado num sistema de fossa qualquer na área hipotética e que em algum momento é feita a ligação. Assim, foram assumidas tais premissas.

Neste quesito, temos a seguinte memória de cálculo: a área tinha 6 pessoas, consumindo os recursos hídricos do lençol freático por 8 anos, totalizando 96 meses de consumo de água do poço/lençol freático – um serviço ambiental proveniente da infiltração. Considerando que com a impermeabilização do solo, o serviço de infiltração de água desapareceu para a área, é possível afirmar que o proprietário utilizou de um serviço ambiental inexistente e externo à área. Para fins de pagamento, nos deteremos apenas aos meses/anos em que foi usado este serviço ambiental.

Logo as demandas por água em 1 mês seriam:

Consumo médio mensal de água (CMA) = 4,5 m³/mês/pessoa x 6 pessoas; CMA = 27 m³/mês no lote 18.

O custo monetário mensal seria (CMM) = R\$ 5,83/m³ x 27 m³/mês.

CMM = R\$ 157,41 nos valores atuais por mês

Valor do consumo de água proveniente do lençol freático em 96 meses foi estimado em R\$ 157,41 x 96 = R\$15.111,36 valor definitivo para fins de indenização. Este é um Valor de Existência (VE)

A infiltração é o serviço ambiental que a área forneceria e o valor deste serviço reflete a quantidade de água que infiltraria no solo subtraído da demanda das pessoas (quantidade de água retirada do poço/lençol freático), indicando uma situação de superávit ou déficit. Neste caso, como a infiltração seria zero ou próxima a isso (devido à impermeabilização do solo) ocorre um déficit de água, considerando o balanço hídrico do solo. Assim, temos uma mudança na recarga do lençol freático do local, podendo interferir regionalmente, com menos água sendo ofertada para o subsolo (lençol freático). Isto pode ser agravar se o solo tiver p.ex. características hidromórficas, que é rico em matéria orgânica-MO/carbono estocado e encharcado. Diante disso, a impermeabilização do solo tem levado ao déficit hídrico devido a quase ausência de infiltração, encharcamento e a perda do solo hidromórfico (MO), que será calculada em função da perda de carbono na próxima seção.

Além disso, a infiltração de água p.ex. em Gleissolo (que é um solo encharcado, como os solos hidromórficos) é considerada de velocidade média. Segundo BERNARDO et al., (2006), o solo pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de infiltração básica em: > 30 mm/h (VIB muito alta), de 15-30 mm/h (VIB alta), 5-15 mm/h (VIB média) e < 5mm/h (VIB baixa). Assim, consideramos que a infiltração da área hipotética, em média, 10 mm/h/m² – compreendendo um valor intermediário presente na faixa média de infiltração. A média mensal seria de 139 mm/mês provenientes da água da chuva e um total de 1668 mm/anual.

A área total 885 m² teria, potencialmente, a capacidade de receber, anualmente, 1476,2 m³ de água (885 m² x 1,668 m – volume de chuva anual convertido em metros) que, potencialmente, poderia infiltrar no solo e/ou escorrer superficialmente diretamente para um riacho próximo ao local. Considerando que o escoamento superficial corresponde a cerca de 7%, ou seja, 93% da água anual da chuva infiltraria no solo. Assim, para calcularmos a perda de água pela impermeabilização (PAI) no solo, consideraremos uma taxa de 93% da pluviosidade anual.

$$PAI = 1476,2 \text{ m}^3 \text{ total de água que chegaria na área hipotética} \times 93\% = 1372,40 \text{ m}^3.$$

Valor da Infiltração (Vin) = infiltração média anual no solo.

$$Vin = 1372,40 \text{ m}^3 \text{ (água que infiltra anualmente)} \times R\$5,83 \text{ (valor cobrado pela por m}^3\text{)}.$$

Vin = R\\$ 8.001,90 valor atual por ano. Este é um Valor de Uso Indireto (VUI).

Aumento da temperatura e gastos de energia ou serviço ecossistema de qualidade da Climatização do Ambiente promovido pela vegetação.

Utilizaram-se sensores de calor acoplados ao Drone para avaliação do serviço de regulação de temperatura que uma área coberta com vegetação oferece frente a construção na área hipotética (Figura 11). Os valores encontrados indicam um aumento de cerca de 5°C da área florestada para a área com construções na área hipotética. Isto indica uma perda do serviço ambiental no microclima local e que a ocupação irregular pode gerar danos na sensação térmica. O simples aumento de temperatura levará a um maior consumo de água e energia para a manutenção do bem-estar dos moradores.

Para essa avaliação, consideramos que um aparelho de ar-condicionado, com uma potência de 1.580 Watts, gasta 12 vezes mais energia do que um pequeno ventilador (132 Watts) de mesa, e 6,5 vezes mais energia do que um ventilador de teto de eficiência média (243 Watts). Por exemplo, durante 30 dias, com dois aparelhos ligados por 8h/dia, a diferença de consumo médio mensal é

grande. De acordo com dados da Eletrobrás, enquanto o ar-condicionado com 7.500 BTU consome 120 kWh neste período, o ventilador de teto consome 28,8 kWh. Isso significa que o primeiro aparelho acrescentaria em sua conta de energia cerca de R\$ 43,00 mensais, enquanto o ventilador de teto teria o gasto por mês de cerca de R\$ 10,00.

Assim, considerando para a base de cálculo as premissas do consumo de água e as apresentadas no parágrafo anterior, temos a seguinte memória de cálculo: a área hipotética com 6 pessoas cada uma, totalizando 6 pessoas, consumindo serviços ambientais, logo as demandas por energia em 1 mês seria:

Consumo médio mensal de energia/luz no Lote 18 segundo dados da companhia de luz seria (CME) = 75 kWh (usamos um valor médio) /mês/pessoa x 6 pessoas;

CME = 450 kWh/mês na área;

O custo monetário mensal seria (CMM) = R\$ 0,6731890/ kWh x CME;

CMM = R\$ 302,94 nos valores atuais X 12 meses = 3.635,28/ano. Este é um Valor de Uso Indireto (VUI)

A temperatura mais amena garantida pela vegetação é um serviço das árvores garantido por um processo natural chamado de Evapotranspiração. Assim, deduzimos o custo energético natural que as plantas têm para produzir este efeito. Os cálculos foram baseados nas premissas de que:

Em geral, uma simples árvore pode perder entre 200-400L/d de água (segundo Pallardy, Stephen G. no livro *Physiology of woody plants* / Stephen G. Pallardy, 3rd ed. p. cm. Rev. ed. of: *Physiology*). Considerando que no Cerrado o estresse hídrico é alto, assumimos o valor máximo proposto pelo autor.

Então uma árvore gasta 400.000,00 g de água/dia

Para evaporar 1g de água ela usa 2,24 KJ de energia.

O custo energético de uma árvore (CEA) é 896.000,00 KJ/dia

Um Watts é igual a 1 J/s (joule por segundo) então o CEA da árvore é:

CEA = (896.000,00 KJ x 1000) transformando quilojoules em Joules;

CEA = (896.000,00 KJ x 1000) / 86400 s, para transformação dos valores de dia em segundos

CEA = (896.000,00 x1000)/86400 = 10370 Watts, considerando que a evapotranspiração ocorre somente no período de luz, que no cerrado é cerca de 12h. Assim, este valor seria de 864,17 Wh

Considerando uma copa média de área de 120m² teríamos para a área no máximo 7 árvores, assim o custo total da evapotranspiração (CTE), que é o serviço ambiental que as árvores forneceriam ao microclima na área seria de:

$$CTE = CEA \times 7$$

CTE = 6.049,17 Wh, o que equivale 6,05 kWh, este valor traduzido em 1 dia, com um valor constante, seria 2208kWh por ano. Assim, consideramos a tarifa seria mais baixa, pois o serviço natural que o ecossistema fornece não tem custos operacionais maiores que a demanda e homologamente, como preço sombra, para fins de cálculo de perícia resolvemos utilizar esta é de R\$ 0,525kWh.

$$CTE = 2208kWh \times R\$ 0,525 \text{ por kWh} = R\$ 1.159,33 \text{ por ano. Este é um Valor de Existência (VE)}$$

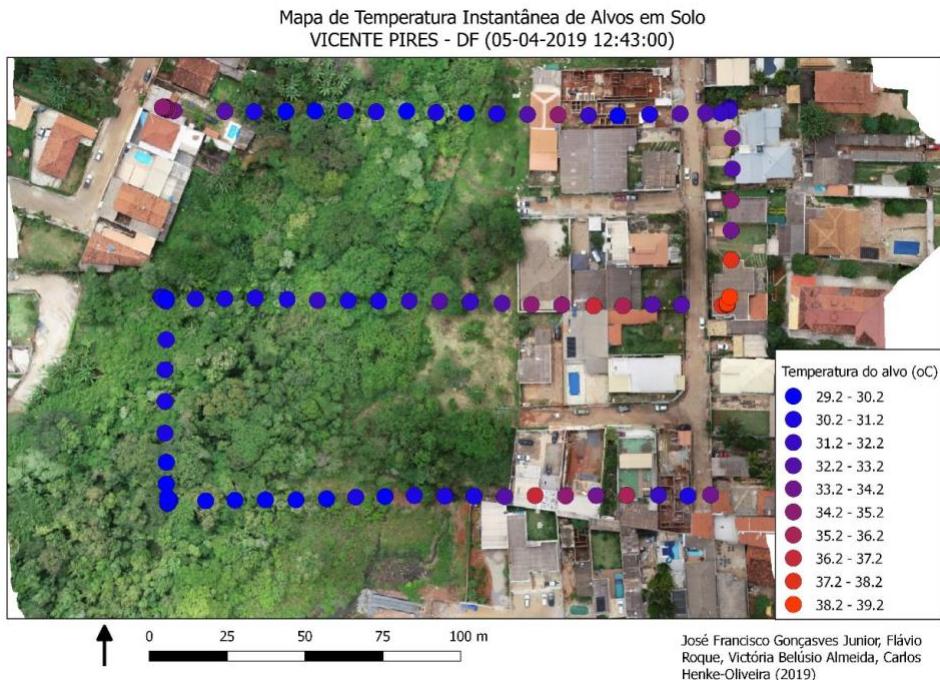


Figura 11: Mapa de temperatura instantânea do solo. Pode-se ver que a vegetação da mata de galeria garante o resfriamento da área em torno dela. Quanto mais afastado da mata de galeria maior é a temperatura do local, consequentemente maior é o custo para o resfriamento.

Produção Primária Líquida em fitofisionomias de mata de galeria

A produção primária líquida na área hipotética foi estimada por meio da produtividade de uma mata de galeria. Isto se deve ao fato de estar dentro da APP local e devido a proximidade do riacho e ao tipo de solo que foi encontrado. Assim, foi utilizado, como referência, o trabalho de Rezende et al., 2017, em que foi indicado um valor médio de 491,75 g/m²/ano da produção de matéria

orgânica da mata de galeria do Cerrado, que é similar às características da região. Ao aplicar o cálculo, assumimos as seguintes premissas:

A quantidade de carbono no solo pode ser obtida pela transformação dos valores de matéria orgânica (MO) no solo usando a constante 1,724, onde o valor de MO é divido pela constante. Segundo Marc Pansu and Jacques Gautheyrou (no livro *Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*, publicado em 2003, pela Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York). Assim, o valor de 491,75 g/m²/ano de matéria orgânica divido por 1,724 equivale a 285,24 gC/m²/ano.

O equivalente energético para produzir 1g/C é de 32,8 kJ.

Assim, o cálculo do estoque anual de carbono (EAC) no solo seria de:

$$EAC = 285,24 \text{ gC/m}^2/\text{ano} \times 885\text{m}^2 = 252.437,4 \text{ gC/m}^2/\text{ano}.$$

$$EAC = 252.437,4 \text{ gC/m}^2 \times 32,8 \text{ kJ}$$

EAC = 8.279.946,72 kJ, isso equivale 2.299,99 kWh (1 Wh equivale a 3.600 joule, que é a unidade de energia)

$$EAC = 2.299,99 \text{ kWh/ano}.$$

Aplicando-se a tarifa mais baixa praticada (R\$ 0,525kWh), em função de ser considerado um serviço natural, temos:

CTE = 2.299,99 kWh x R\$ 0,525 por kWh = R\$ 1.207,49/ano em média o custo total monetário atual baseado na energia gasta, ou seja, pelo serviço ambiental fornecido pela produção primária da mata de galeria. Este é um Valor de Uso Indireto e o mesmo para o Valor de Existência (VUI e VE).

Solo (compactação de solo hidromórfico para a construção)

As veredas são subsistemas úmidos que participam do controle do fluxo de água no lençol freático, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio hidrológico dos cursos d'água no ambiente do Cerrado. Constitui-se num sistema represador da água, sendo importante para a perenização dos córregos, ribeirões e até mesmo dos rios, a jusante destes sistemas. Representam também um ambiente de relevância dentro do Cerrado, por serem responsáveis pela manutenção e multiplicação da fauna terrestre e aquática. Esses ambientes, entretanto, são sensíveis à alteração e de pouca capacidade regenerativa, quando perturbados. Neste trabalho avaliamos o estoque de Carbono

imobilizado no sedimento que foi perdido na área modelo, considerando a área de 885 m², utilizando-se as seguintes premissas:

- 1- Um solo do Cerrado, em média, possui cerca de 201,9 Mg C/m² ou 20.190 g C/m².
- 2- Para fins de cálculo pericial, por falta de literatura e medidas empíricas na área ou equivalentes, iremos entender que este valor é constante no balanço de estoque anual, visto que não temos valores de entrada de carbono, perda por lixiviação e decomposição.
- 3- O equivalente energético para produção de 1g C é de 32,8 kJ.

Assim, o cálculo do estoque anual de carbono (EAC) no solo da área seria de:

$$EAC = 20.190 \text{ g C/m}^2 \times 885 \text{ m}^2 = 17.868.150 \text{ g C/m}^2/\text{ano}$$

$$EAC = 17.868.150 \text{ g C/m}^2/\text{ano} \times 32,8 \text{ kJ}$$

EAC = 586.075.320 kJ, isso equivale 162.798,7 kWh (1 Wh equivale a 3.600 joule, que é a unidade de energia)

$$EAC = 162.798,7 \text{ kWh/ano.}$$

Assim como para os outros serviços, aplicamos a tarifa mais baixa praticada (R\$ 0,525kWh):

CTE = 162.798,7 kWh/ano x R\$ 0,525 por kWh = R\$ 85.469,32/ano em média nos valores atuais. Este é um Valor de Uso Indireto (VUI).

METAS

- 1- Valoração da degradação ambiental da área piloto
- 2- Produção de um PRAD para a área piloto

RESULTADOS ESPERADOS

- 1- Poder com os valores encontrados negociar com os tomadores de decisão nas 3 esferas de poder e o setor produtivo um plano adequado de desenvolvimento sustentável para a área piloto.
- 2- Aumento da sustentabilidade ambiental no desenvolvimento regional.
- 3- Abertura de novos empregos para a restauração de áreas degradadas

INDICADORES DE PROGRESSO

1. Reuniões com os diversos setores da sociedade

2. Um relatório circunstanciado

PUBLICO BENEFICIADO

1. Produtores rurais de pequeno, médio e grande porte
2. População rural e urbana com a abertura de cursos para a formação de mão de obra especializada para atuar no PRAD.
3. Gestor público terá ferramentas para planejar e gerenciar o desenvolvimento da região.
4. Juízes e promotores terão ferramentas capazes de nortear seus veredictos e aplicar punições monetárias realistas e justas.
5. A população que terá a garantia da manutenção dos serviços ambientais e novas perspectivas de desenvolvimento econômico sustentável e duradouro.

ATIVIDADE 6.2.4. Validação da Restauração através da dinâmica de matéria orgânica

Coordenador: Adriana Oliveira Medeiros

OBJETIVOS

1. Avaliar a MO alóctone proveniente de aportes vertical, lateral e terrestre da vegetação ripária e o estoque bêntico acumulado no leito do riacho;
2. Avaliar a variação espacial da entrada anual da MOPG de riachos;
3. Identificar as espécies mais importantes na dinâmica da matéria orgânica de riachos e determinar o valor de cada espécie para o funcionamento do sistema;
4. Estimar e comparar a entrada anual da MOPG de riachos com vegetação ripária preservada e perturbada.

MÉTODOS

O estudo será desenvolvido nas áreas destinadas a restauração da Mata Ripária e em áreas preservadas da área piloto. Serão selecionados trechos zona ripária de 50 a 100 m onde serão delimitados cinco pontos de coleta da MOPG (distantes de 15 – 25 m). Em cada ponto amostral serão estimadas mensalmente MOPG dos aportes terrestres, verticais, laterais e o estoque bêntico no período de dois anos. As amostras coletadas serão secas e separadas em frações (folhas, partes reprodutoras galhos e miscelânea). A MOPG mensal dos aportes terrestres, verticais e estoque será

corrigida pelo tempo de coleta e pela área de cada coletor e a do aporte lateral transformado de metros lineares para metros quadros. A MOPG dos aportes será expressa em $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ e o estoque em g.m^{-2} . Da porção vegetal as folhas serão utilizadas para identificar as espécies vegetais que mais contribuírem para a entrada de matéria orgânica nestes ambientes e se a supressão destas espécies é capaz de interferir na ciclagem de carbono e saúde destes riachos

METAS

1. Produção de um modelo da dinâmica MOPG capaz de prever a variação espacial e temporal da MOPG nas zonas ripárias da bacia piloto.
2. Estabelecimento os padrões sazonal e interanual e espacial da entrada da MOPG.
3. Valoração do impacto da remoção da vegetação ripária na entrada da MOPG e, consequentemente, de sua recuperação.
4. Estabelecer o efeito ambiental na entrada MOPG entre trechos preservados e sob regime de restauração para a qualidade de água.
5. Formação de técnicos de campo para realização do trabalho piloto e, consequentemente, para um programa de longo prazo.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Indicador de eficiência da Restauração
2. Valoração deste serviço ambiental

6.3. Influências dos usos da terra sobre os ecossistemas aquáticos

Atividade 6.3.1. Influências dos usos da terra sobre os ecossistemas aquáticos

Coordenador: Edivando Vitor do Couto

O mosaico de uso e ocupação da terra em paisagens antropizadas é bastante dinâmico. Mudanças ocorrem regularmente em escalas espaciais e temporais. As áreas mais produtivas com terrenos planos são tipicamente as primeiras a serem alteradas. Em paisagens modificadas, as áreas de remanescentes de vegetação original geralmente estão nos locais menos produtivos do terreno ou de maior dificuldade de acesso, como as áreas úmidas, as de altas declividades ou os afloramentos rochosos. Este fenômeno pode ter grandes implicações para a conservação da biodiversidade, assim

como para a mitigação dos efeitos da mudança da paisagem e da perda e fragmentação de habitat (Lindenmayer & Fisher, 2006; Bennett & Saunders, 2010).

As paisagens de bacias hidrográficas têm múltiplos usos para atividades econômicas, o que afeta os ambientes aquáticos de várias maneiras. Por exemplo, as práticas agrícolas colocam grandes quantidades de fertilizantes químicos e agroquímicos no solo que geralmente são carregados em corpos aquáticos. Além disso, a expansão das cidades ao redor dos rios pode liberar resíduos domésticos e industriais sem tratamento adequado nos rios. Essas atividades trazem poluição da água por contaminantes orgânicos e metais pesados, que podem se acumular nos sedimentos ao longo dos anos, causando riscos ecológicos e danos à população que usa a água como fonte de abastecimento (Emenike et al., 2020; Qu et al., 2016; Vieira et al., 2018).

As modificações mais comuns da paisagem decorrem da expansão agropecuária, visando a maior produção, com implicações no desflorestamento e expansão urbana (Daily, 2001; Hansen et al., 2013; Hewson et al., 2019). Em geral, as mudanças na paisagem seguem um padrão similar em diversas partes do mundo. Na América do Sul, no entanto, o Brasil é líder em desflorestamento e fragmentação de habitat, com uma perda líquida de floresta de cerca de 984 mil hectares por ano (Keenan et al., 2015; Hewson et al., 2019). Apesar da Amazônia ser atualmente a maior frente do desflorestamento brasileiro, os dois biomas brasileiros mais antropizados são a Mata Atlântica e o Cerrado, ambos considerados *hotspots* de biodiversidade. Apesar de abrigarem altos níveis de endemismo da fauna e flora e serem extremamente importantes para a conservação, esses dois biomas sofrem intensos impactos antrópicos.

A mudança do sistema terrestre está intimamente relacionada aos processos biogeofísicos, em sistemas terrestres, que regulam diretamente o clima: troca de energia, água e impulso entre a superfície terrestre e a atmosfera (Steffen et al., 2015). Esse estudo também evidencia que o uso de água doce seria uma variável de controle no conceito de vazões ambientais de água (EWF), que define o nível de vazões fluviais para diferentes características hidrológicas das bacias fluviais, adequadas para manter um "justo-a-bom" estado do ecossistema. Assim, a futura adequação dos recursos de água doce é difícil de avaliar, devido à complexidade e à rápida mudança da geografia do abastecimento e uso de água (Vörösmarty et al., 2010).

Abordar o ecossistema terrestre e a sua integridade faz parte dos objetivos do desenvolvimento sustentável (Agenda 2030, 2021), que recomenda a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de floresta, a detenção do desmatamento e a restauração das florestas degradadas (ODS 15.2).

Além disso, a restauração ecológica é um processo que depende do início ou acelera a recuperação dos ecossistemas em relação à sua saúde, integridade e sustentabilidade. O restabelecimento de Áreas de Proteção Permanente (APPs) é urgente, não só para o cumprimento da legislação vigente, mas também para a melhoria geral da qualidade ambiental, um fator preponderante para a produção de qualidade de recursos consumíveis, como na agricultura, gado, atividades extrativas e um amplo Programa de Restauração.

Portanto, o planejamento do uso da terra e de conservação sistemático é uma abordagem rigorosa, repetível e estruturada para projetar novas áreas protegidas que atendam aos objetivos de conservação de forma eficiente (Margules & Pressey 2000). Historicamente, a tomada de decisões de conservação frequentemente avalia as parcelas de forma oportunista, conforme elas se tornam disponíveis para compra, doação ou sob ameaça. Embora a compra de tais áreas possa melhorar o “status quo”, tais decisões podem não aumentar substancialmente a persistência de longo prazo das espécies ou comunidades alvo. Diante dessa constatação, os planejadores de conservação começaram a usar ferramentas de apoio à decisão para ajudar a simular projetos alternativos de reservas em uma série de diferentes objetivos de biodiversidade e gestão e, em última instância, orientar as aquisições de áreas protegidas e ações de manejo. Devido à natureza sistemática e baseada em evidências dessas ferramentas, a priorização da conservação pode ajudar a contribuir para um processo de tomada de decisão transparente, inclusivo e mais defensável.

Avaliação integrada dos ambientes terrestres e aquáticos

A conversão antrópica da paisagem afeta o ecossistema lótico, através de múltiplos processos que operam em diferentes escalas espaciais, que atualmente são pouco compreendidas (Allan et al., 1997). Esses autores enfatizaram que a gestão das condições locais e ribeirinhas proporcionará alguns benefícios, mas que as condições da paisagem regional podem ser de maior importância em termos de bacias hidrográficas.

A biota de rios é sensível aos efeitos expressos em escalas espaciais grandes e pequenas; assim, os esforços de conservação e restauração devem integrar o habitat localizado no rio e diversos efeitos cumulativos que operam em toda a bacia (Morley e Karr, 2002). Esses autores defendem uma abordagem que combina avaliação biológica direta com análise física, química e paisagística para diagnosticar e reparar a degradação do rio. Sedimentação, enriquecimento de nutrientes, poluição por

contaminantes, alteração hidrológica, limpeza ripária/abertura de dossel são os principais mecanismos pelos quais o uso da terra influencia os ecossistemas fluviais (Allan, 2004).

A lacuna de conhecimento dentro da linha temática sobre as influências do uso da terra nos ecossistemas de água doce inclui uma abordagem integrada com o objetivo de: a) compreender a influência a escala espacial do uso da terra nos ecossistemas aquáticos (por exemplo, Peterson et al. 2011; Sheldon et al. 2012) para orientar as políticas de proteção zonas ripárias; b) avaliar o efeito da mudança do uso da terra nas teias alimentares aquáticas, através de mudanças na qualidade e quantidade de recursos alimentares basais (por exemplo, Bunn et al. 1999; Guo et al., 2016).

A TWRA desenvolverá ferramentas inovadoras de planejamento para otimizar os investimentos em infraestrutura cinza e verde para melhorar a resiliência à captação e reduzir a degradação da vegetação terrestre e do solo do entorno dos ambientes aquáticos. Desenvolveremos também métodos inovadores de avaliação e relatórios, para melhorar a transparência e sensibilizar o público.

OBJETIVOS

1. a temporalidade 1985 - 2019 avaliando as principais perdas e ganhos das classes de uso e ocupação da terra;
2. a influência na qualidade da água - avaliando a relação e a influências que as classes mais antropizadas causam na qualidade dos recursos hídricos;
3. o zoneamento ecológico econômico baseado na conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos, elaborando uma proposta de otimização do uso da terra voltado para a sustentabilidade da paisagem.

METODOLOGIA

Análise Temporal da Intensidade de Uso da Terra

Para analisar as mudanças temporais no uso da terra, utilizaremos o pacote *R OpenLand: Quantitative Analysis and Visualization of LUC* (Exavier e Zeilhofer, 2020). Este pacote é uma ferramenta para a análise de séries temporais de uso e ocupação da terra (LUC, do inglês Land Use and Cover). Ele inclui suporte para o carregamento de dados espaço-temporais em raster e plotagem espacial sintetizada. Várias métricas de mudanças no LUC (LUCC, Land Use and Cover Changes), em intervalos regulares ou irregulares, podem ser extraídas e visualizadas através de diagramas de

sankey e chord. Uma análise completa de intensidade está implementada, de acordo com a descrita em Aldwaik e Pontius Jr, (2012), e inclui ferramentas para a generalização e padronização multinível dos gráficos (Exavier e Zeilhofer, 2020).

Esta abordagem assume que se possui mapas de um mesmo local para um mesmo conjunto de categorias de uso da terra em pelo menos dois pontos no tempo. Uma sobreposição de mapas entre quaisquer dois pontos no tempo produz uma matriz de tabulação cruzada, onde as linhas mostram as categorias de um tempo inicial, as colunas mostram as categorias de um tempo subsequente, e as entradas denotam a quantidade de área que transitou da categoria inicial para a categoria subsequente, durante o intervalo de tempo (Aldwaik e Pontius Jr, 2012). A análise de intensidade apresentada por Aldwaik e Pontius Jr, (2012) possui três níveis e cada um responde a uma pergunta diferente. O Nível de Intervalo foca em responder em quais intervalos de tempo a taxa anual de mudança geral é rápida ou é lenta; o Nível de Categoria, baseado na resposta à pergunta anterior, informa quais categorias de uso da terra foram relativamente dormentes ou ativas em um determinado intervalo de tempo e se este padrão é estável ao longo dos intervalos; e, por fim, o Nível de Transição responde quais transições são evitadas e quais são priorizadas por determinada categoria em um determinado intervalo de tempo, e se este padrão é estável ao longo dos intervalos. Neste nível a análise é composta por uma categoria ganhadora (categoria n) e uma categoria perdedora (categoria m), onde n prioriza ou evita ganhar área de m em uma determinada intensidade em um determinado intervalo de tempo (Aldwaik e Pontius Jr, 2012).

Trinta e quatro mapas de uso da terra serão analisados entre os anos de 1985 e 2019. Nós utilizaremos dados da coleção 5 do MapBiomas. O projeto MapBiomas fornece mapas de uso e ocupação da terra anuais e a nível nacional para o Brasil. O MapBiomas possui dados de 1985 até 2019 e classifica 33 categorias de uso da terra, utilizando um algoritmo de classificação de árvore de decisão empírica com base em análise de mistura espectral de data única. O projeto MapBiomas é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso da terra a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto pode ser encontrada em <http://mapbiomas.org>. As trinta e três categorias originais do mapeamento MapBiomas foram reclassificadas para dez categorias equivalentes. A reclassificação agrupou principalmente grupos florestais, tipos de cultivos de agricultura, rios, riachos e lagoas como água e etc. O agrupamento das categorias foi realizado com o objetivo de manter a consistência máxima possível entre as categorias de uso da terra.

Todos os raster estavam com a mesma resolução matricial de 30x30m, a mesma extensão, EPSG 6933 (WGS 84 / NSIDC EASE-Grid 2.0 Global) e apresentavam as mesmas categorias de uso da terra: 1 – Formação Florestal (FFR), 2 – Natural não Florestal (NNF); 3 – Outros tipos de Agricultura (AGR); 4 – Pastagem (PAS); 5 – Cana de açúcar (CAN); 6 – Soja (SOY); 7 – Outras áreas não Vegetadas (NVA), 8 – Infraestrutura Urbana (URB); 9 – Água (WAT); e 10 – Áreas Úmidas/Planície de Inundação (WET). Para a análise de intensidade nós selecionaremos oito raster representando sete intervalos temporais: 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2019. Para a análise da paisagem antes e depois da criação das UCs nós utilizaremos o banco de dados completo (34 raster) ano por ano. Na análise de nível de transição nós selecionaremos as duas principais categorias naturais, FFR e WET, como categorias m. Quando m perdeu para outra categoria em taxa maior que a taxa uniforme em determinado intervalo, nós utilizamos essa segunda categoria como categoria “n” e verificaremos se ela também estava priorizando “m”. Se, em determinado intervalo de tempo, m perdeu para “n” em uma taxa maior que a taxa uniforme de perda e também n ganhou de m em taxa maior que a taxa uniforme de ganho, então nós consideramos essa uma transição correspondida.

Zoneamento Ecológico Econômico e proposta de Priorização de Conservação

Usaremos quatro etapas para identificar as prioridades para a criação de uma rede de habitat eficiente para uma paisagem sustentável. Para isso utilizaremos a priorização da conservação usando técnicas de programação inteira e otimização espacial utilizando o pacote *prioritizr: Systematic Conservation Prioritization in R* (Hanson et al., 2020).

Para resolver problemas de grande escala 1) será mapeada a qualidade do habitat e as lacunas de proteção para as diferentes espécies-alvo (espécies alvo serão selecionadas com base nos levantamentos de dados e banco de dados da região, o foco será sempre no maior grau de ameaça e maior funcionalidade da espécie no ecossistema); 2) Serão elaborados modelos de redes de habitat com base nos mapas de qualidade de habitat e será estimada a capacidade de dispersão das espécies na paisagem considerando a qualidade da matriz para cada espécie; 3) Serão definidas áreas prioritárias para conservação e restauração com base nos custos, na qualidade de habitat para as espécies e na conectividade e; 4) Por fim, serão estabelecidos cenários futuros para as áreas priorizadas com base em simulações das mudanças no uso da terra e mudanças climáticas. A figura 12 mostra um fluxo de priorização a ser utilizado.

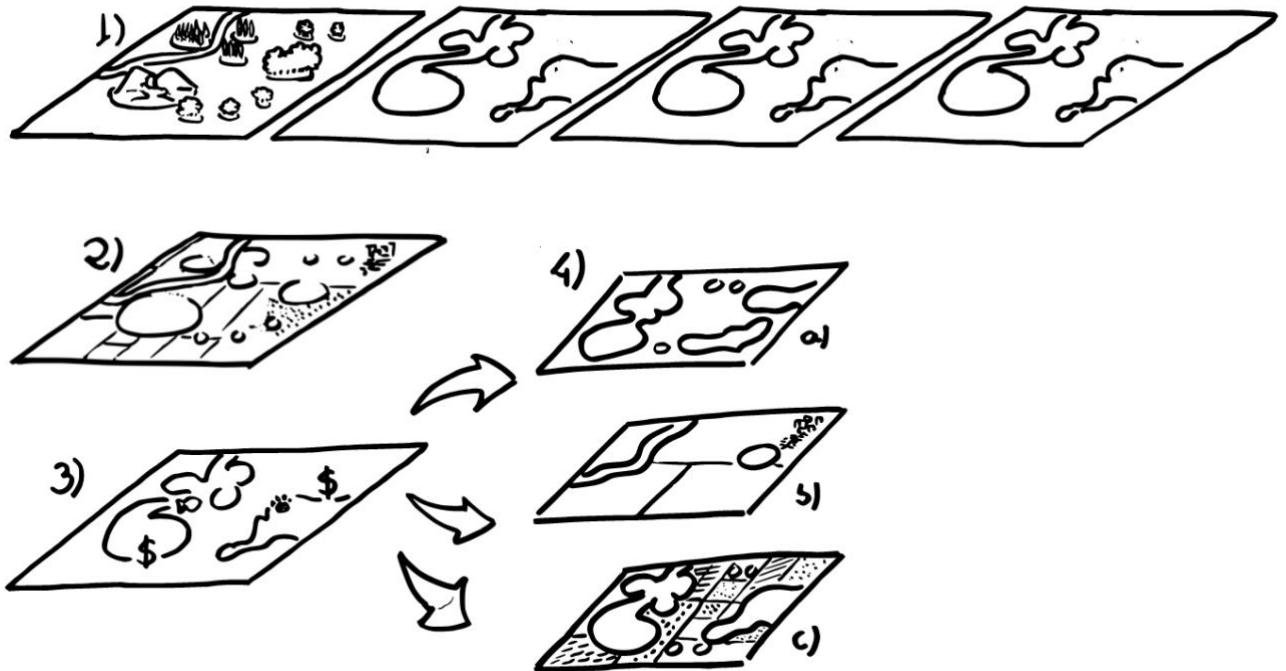


Figura 12. 1) mapeamento da qualidade do habitat por espécies em relação às áreas protegidas para a identificação de lacunas de conservação; 2) mapeamento da qualidade e resistência da matriz para estimar a capacidade de dispersão das espécies na paisagem; 3) áreas prioritárias para conservação e restauração com base nos custos, na qualidade de habitat e na conectividade; 4) cenários futuros para as áreas priorizadas com base em: a) intervenções para a restauração e criação de novos habitat; b) paisagem agrícola intensamente cultivada e mais homogênea; c) enquanto do outro teremos uma paisagem também agrícola porém com divisão mais equitativa do uso da terra e voltada à agricultura tradicional e sistemas agroflorestais. Além disso, serão avaliados cenários de impactos das mudanças climáticas.

Para identificar Lacunas de proteção de habitat serão utilizados algoritmos de otimização e.g. Marxan de forma que otimize a identificação de áreas eficientes para o planejamento de sistemas de áreas protegidas, especialmente por permitir identificar lacunas existentes na proteção da biodiversidade. Esta abordagem utiliza um sistema de pontos que considera: os custos para incluir determinadas unidades de planejamento em uma configuração; a conectividade, inclusive podendo atribuir peso de importância para unidades mais aglomeradas; e Species Penalty Factor (SPF), um fator de penalidade de pontos quando não se atinge a meta de conservação para uma determinada espécie alvo (Ball et al., 2009).

O modelo será alimentado com as seguintes informações:

1. Área de projeto contendo uma lista de todas as unidades de planejamento, bem como seus custos;

2. Lista de recursos de conservação alvo (espécies e habitat);
3. Metas de conservação;
4. Quanto de cada característica de conservação está contida em cada unidade de planejamento (Ball et al., 2009).

Matriz de resistência e análise da conectividade

Será utilizado o pacote de software Conefor, uma ferramenta de análise de ecologia espacial e de apoio à tomada de decisão no planejamento da conservação, que permite quantificar a importância das áreas de habitat e links para a manutenção ou melhoria da conectividade, bem como avaliar os impactos na conectividade do habitat e mudanças na paisagem. O pacote oferece condições de calcular o isolamento por matrizes de conectividade pelo tipo de resistência oferecido pela matriz da paisagem. Serão lançados valores específicos de habitat ou espécie para resistência ao movimento em cada tipo de habitat (Saura e Torne, 2009).

Além disso, será inferida a resistência da matriz da paisagem para que se possa obter dois novos cenários considerando as mudanças de uso do solo e as mudanças climáticas. De um lado teremos uma paisagem agrícola intensamente cultivada e mais homogênea, enquanto do outro, teremos uma paisagem também agrícola, porém com divisão mais equitativa do uso da terra e voltada à agricultura tradicional e sistemas agroflorestais.

O Conefor permite ainda que sejam adicionadas novas áreas de habitat (nós) potenciais que atualmente não existem na paisagem, mas que podem ser adicionados na paisagem (através da restauração de habitat). Por fim, será calculada a contribuição desses novos habitats potenciais para a melhoria da conectividade da paisagem e na melhoria da qualidade da água da bacia hidrográfica como um todo.

Zoneamento Ecológico Econômico

Por fim faremos uma proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE que é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente regulamentado pelo Decreto n.º 4.297/2002, utilizado pelo poder público para o planejamento que gera indicadores sobre as potencialidades e fragilidades dos meios físico, biótico e socioeconômico, capazes de subsidiar a tomada de decisões nos diferentes níveis hierárquicos do aparelho governamental, com vistas a viabilizar o

desenvolvimento sustentável e harmônico do território brasileiro. Busca apoiar as iniciativas do Ministério do Meio Ambiente.

Para isso utilizaremos uma consulta aos comitês de bacias hidrográficas e será elaborada uma análise de hierarquia das variáveis que será executada de forma compartilhada entre a União, os estados e os municípios e a sociedade. De fato, de acordo com a Lei Complementar n.º 140/2011, que fixa normas para a cooperação entre os entes da federação no exercício da competência comum relativa ao meio ambiente, prevista no artigo 23 da Constituição Federal de 1988, constitui ação administrativa da União a elaboração do ZEE de âmbito nacional e regional, cabendo aos estados elaborar o ZEE de âmbito estadual, em conformidade com os zoneamentos de âmbito nacional e regional, e aos municípios a elaboração do plano diretor, observando os ZEEs existentes.

METAS

- 1- Avaliação de 34 anos da dinâmica do uso e ocupação da terra para toda a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia.
- 2- Encontrar correlações e escalas de influência do uso e ocupação da terra na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia;
- 3- Seleção de espécies chaves e o planejamento de áreas prioritárias para conservação destas espécies considerando custos, influências positivas e negativas da antropização.
- 4- Estabelecimento de critérios participativos no zoneamento e partição do uso e ocupação da terra.

RESULTADOS ESPERADOS

- 1- Modelos da relação da influência do uso da terra na qualidade dos recursos hídricos;
- 2- Mapa da rede de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade aquática e terrestre;
- 3- Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) para toda a bacia Hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia.

INDICADORES DE PROGRESSO

- 1- Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) de toda bacia hidrográfica para subsídio aos tomadores de decisão no estabelecimento das melhores políticas públicas voltadas ao crescimento econômico e social;
- 2- Avaliação de etapas da estruturação e fluxo do banco de dados;
- 3- - Relatórios circunstanciados.

PÚBLICO BENEFICIADO

- 1- Produtores rurais de pequeno, médio e grande porte;
- 2- População rural e urbana com o planejamento da paisagem e melhor definição das atividades adequadas a cada setor;
- 3- Setores governamentais como ICMBio, IBAMA, subsídio aos comitês de bacias hidrográficas com o mapa base da regulação dos recursos hídricos e uso da terra.
- 4- Gestores públicos, pois terão ferramentas para planejar e gerenciar o desenvolvimento territorial da região.
- 5- Juízes e promotores, pois terão ferramentas capazes de nortear seus veredictos com base na realidade identificada pelo ZEE.

6.4. Segurança Hídrica

A água é a substância mais abundante no planeta, ocupando 2/3 da área da Terra. Mesmo assim, só 2,7% é constituída de água doce, que poderia ser utilizada pelos seres vivos. No entanto, deste percentual de água doce, somente cerca de 0,1% está disponível nos rios; os lagos e pântanos detêm 0,35% e a atmosfera, apenas 0,04%. O grande montante desta água doce é facilmente acessível, onde cerca de 22,4% está no subsolo e 77,2% está nos glaciares. Com a tecnologia existente atualmente, é possível explorar as águas subterrâneas com razoável facilidade, mas dependemos de formações geológicas favoráveis à reservação, circulação da água em quantidades e qualidade suficientes para o uso e exploração, de forma economicamente viável.

Existem diferentes tipos de aquíferos. Em geral podemos dividi-los em duas categorias: os freáticos e os artesianos. Os aquíferos freáticos correspondem às formações geológicas que contêm água em seu interior e estão diretamente conectados com a atmosfera, sujeitos à pressão atmosférica e mais suscetíveis à contaminação superficial. Esse tipo de aquífero é o mais explorado no Brasil

em locais desprovidos de serviços de saneamento. Os poços caipiras (poços rasos ou manuais) são encontrados de norte a sul do País, e suprem a necessidade de um pequeno grupo de pessoas fornecendo volumes de vazão considerados insignificantes.

Esses aquíferos sofrem grande variação de nível durante o ano, uma vez que a água retirada do poço é proveniente da drenagem direta dos poros saturados do solo. Os níveis dos lençóis estão ligados às chuvas, responsáveis pelas recargas, e essas sofrem variações sazonais e interanuais. A sequência de anos mais secos pode ocasionar o rebaixamento excessivo dos níveis d'água (linha equipotenciométrica), o que pode levar um poço a secar. Não raro nessas ocasiões, há necessidade de aprofundá-los em busca da água até o limite inferior da formação geológica permeável. Quando o aprofundamento não é mais possível, o poço fica inoperante, até que haja a recarga do aquífero.

A segunda categoria corresponde aos aquíferos artesianos, cujas formações geológicas porosas ou fraturas estão confinadas entre duas ou mais camadas impermeáveis ou semipermeáveis, e a água está submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica, pois também suporta o peso das camadas superiores. Nesta situação, a retirada de água do aquífero é realizada pelo alívio de pressão, o que provoca uma expansão da água e ao mesmo tempo, transfere parte do peso das camadas superiores ao solo, que por sua vez é comprimido (inverso da elasticidade do solo). O alívio de pressão da água provoca uma redução da camada permeável pelo aumento da pressão do terreno sobre a camada, reduzindo assim os espaços vazios do meio. No Brasil estão localizados dois dos maiores aquíferos do mundo, os aquíferos Guarani e o Alter do Chão. Na Figura 13 mostra a localização aproximada a área de estudo em que não coincide com os grandes aquíferos brasileiros, mas sim com o cristalino, rochas cuja presença de água depende de existência de fraturas.

A área de estudo está localizada em região de Cerrado, composto por diferentes tipos de solos e formas de relevo. A região tem relação não somente com o clima (morfoclimático), mas também com a caracterização da vegetação e da geologia. Os solos dos Cerrados, geralmente, são caracterizados pela predominância dos Latossolos, como também pela acentuada acidez.

Os Latossolos apresentam teor de argila variando entre 15% e 80% e presença de silte é inferior a 20%. Devido a presença de argila, esses solos quando compactados, apesar de apresentarem grande permeabilidade em condições naturais podem se tornar pouco permeáveis se compactados, o que geralmente corre nas camadas superiores em áreas de mecanização agrícola, podendo diminuir a recarga dos aquíferos. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade.

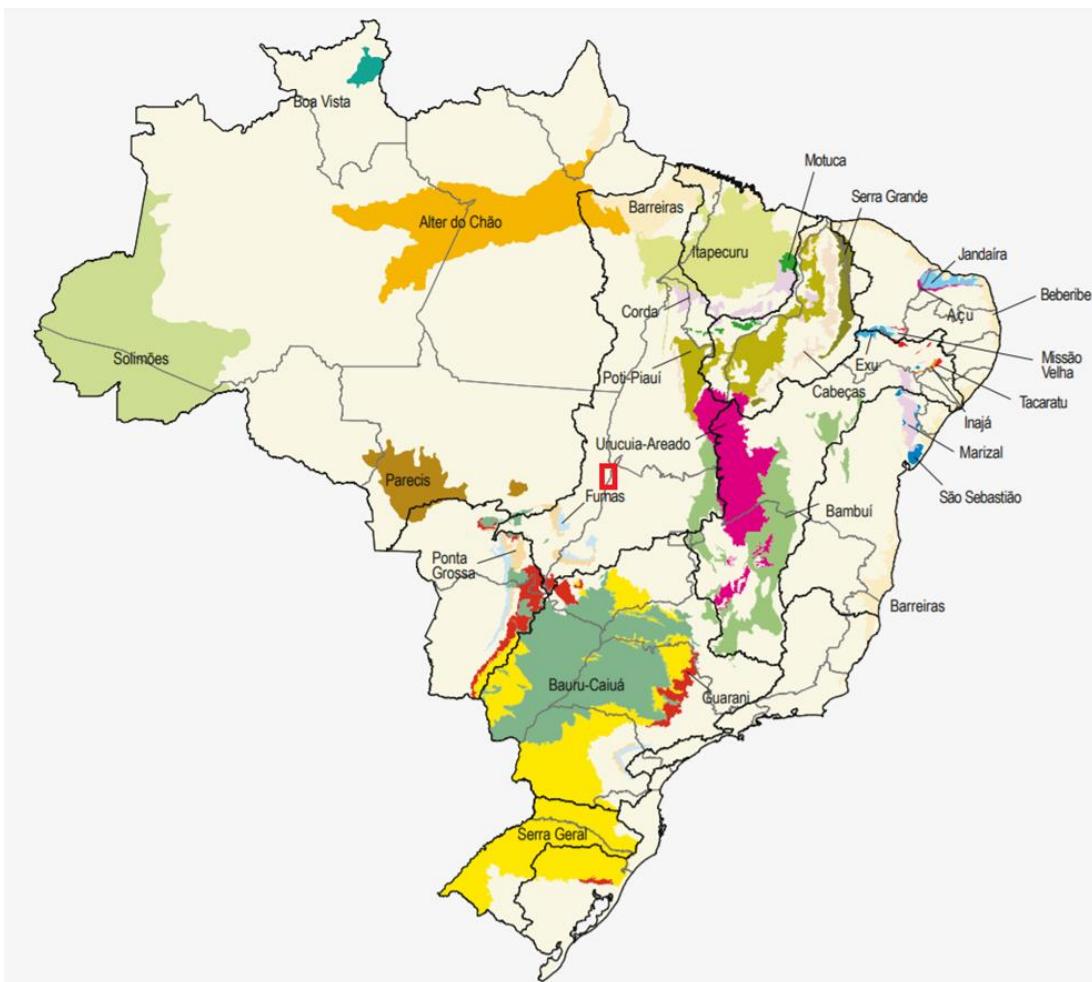


Figura 13: Área de recarga dos principais sistemas aquíferos do País (área de estudo no retângulo vermelho do centro da figura). Fonte: (ANA, 2007).

A vegetação original do Cerrado ocupa mais de 2.000.000 km², a qual equivale mais de vinte por cento de toda a área do território brasileiro. De formação geologicamente antiga, o Cerrado possui um relevo relativamente acidentado, com altitudes de baixas a mediana altitude, que variam entre 200 a 800 metros de altitude na maior parte de sua extensão, mas podendo atingir mais de 1.200 m na Chapada dos Veadeiros.

O Cerrado é uma formação geológica antiga, o que significa que seus solos já foram bastante alterados pelos agentes de intemperismo do clima. Esse processo de intemperismo ocorreu pela lavagem da camada externa do solo pelas chuvas (lixiviação), o que afetou negativamente a fertilidade do solo ao longo do tempo. Outras características do Cerrado referem-se à profundidade e porosidade elevadas, permitindo uma maior infiltração da água, mesmo assim, consegue manter um escoamento

superficial elevado no período chuvoso. Devido a sua grande permeabilidade esse solo possui uma capacidade de armazenamento de água limitada.

Os solos de maior predominância nos Cerrados, além dos Latossolos, são os Podzólicos (Argilosos). Os Latossolos possuem variação em sua coloração que vai do amarelo até o vermelho e são ácidos com deficiência de alguns nutrientes. Já os Podzólicos podem apresentar uma coloração que varia do vermelho-escuro ao vermelho-amarelado, sendo muito suscetíveis à erosões.

A grande fronteira agrícola brasileira só foi possível pela correção da acidez dos solos pela calagem e pela adubação (fosfatada, potássica, com carbonatos, nitrogenadas, entre outras). A partir da década de 1970, com a criação da EMBRAPA, a produção agropecuária ampliou o seu desenvolvimento no Cerrado. Com a Revolução Verde, que desenvolveu técnicas agrícolas e de correção de solo, aumentou a produtividade na região, tornando-se polo de atração para populações de outras regiões, tornando-a uma nova fronteira agrícola brasileira. A mecanização agrícola possibilitou o aumento na produtividade da área, requerendo adubação química e uso de defensivos agrícolas, os quais podem comprometer a qualidade das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas.

Sendo a água essencial para todas as atividades humanas e vitais aos seres vivos, tanto nos centros urbanos, como na agricultura ou indústria, necessitamos da mesma para a nossa saúde física e mental, para a produção de bens e serviços, e manutenção à vida. A segurança hídrica procura então garantir o acesso sustentável à água, em quantidades adequadas e com qualidade aceitável para o seu uso. Procura minimizar a poluição da água, que compromete sua disponibilidade em qualidade, reduzindo a segurança hídrica, como também, procura mitigar os desastres relacionados à água e à preservação dos ecossistemas. Para tal, há necessidade de estudos que garantam a compreensão desses fenômenos climáticos e de como as bacias respondem a cada um deles. Isso torna possível a adoção de medidas estruturais e não estruturais, que minimizem os impactos gerados pelo excesso ou pela carência desse recurso tão valioso para a vida em nosso planeta.

ATIVIDADE 6.4.1. Técnicas de engenharia natural para infiltração da água com comprovados benefícios ambientais.

Coordenador: Marco Antonio Jacomazzi

Os solos dos Cerrados em sua maioria são formados por Latossolos e Podzólicos, que podem apresentar elevada percentagem de argila; por se tratar de solos tropicais, são bastante intemperizados cuja macroestrutura permite altas taxas de infiltração, porém, quando compactados perdem bastante a capacidade de infiltração, tornando-se praticamente impermeáveis.

A mecanização das operações agrícolas propiciou um aumento da produção das culturas, uma vez que permitiu expandir significativamente a áreas cultivadas com maiores velocidades de plantio e de colheita.

As operações mecanizadas de colheita e especialmente do plantio sob palha (plantio direto) ocorrem com máquinas pesadas que demandam altas potências e exercem elevadas pressões na superfície; o tráfego dessas máquinas aliado à umidade inadequada dos solos (umidade próxima à capacidade de campo que, geralmente, torna o solo mais suscetível ao adensamento) são uma das principais causas da compactação sub superficial.

O preparo primário do solo por meio do uso ou de grade e ou do arado (introdução de novas áreas para plantio direto), desestrutura a camada superficial compactada até a profundidade em que o implemento atingi, deixando ainda uma camada compactada a uma profundidade mais baixa (conhecido como pé de grade). Essa camada subsuperficial pode se tornar uma barreira física para a infiltração, impedindo o crescimento vertical das raízes das plantas cultivadas.

Os solos que apresentam excelentes características químicas, quando compactados, têm sua fertilidade diminuída, pela menor capacidade de infiltração de água e pela maior resistência à penetração e ao desenvolvimento de raízes.

Com a redução da taxa de infiltração sub superficial, haverá maior escoamento superficial, carreando sedimentos e nutrientes da adubação química para os mananciais; um dos principais impactos negativos do assoreamento das bacias é a redução da disponibilidade hídrica dos cursos d'água.

O assoreamento é o resultado do transporte de sólidos provenientes da erosão de solos mal manejados desprovidos de ações e mecanismos de conservação. Os sólidos transportados são constituídos por sedimentos minerais e orgânicos das camadas superficiais de solo/terreno; são arrastados junto ao escoamento superficial, e conduzidos aos cursos de água; essas partículas sólidas que atingem os cursos d'água depositam ao longo do seu percurso.

A deposição desses finos ocasiona redução tanto da profundidade quanto da seção hidráulica da calha dos cursos d'água diminuindo a capacidade de descarga desses córregos e ribeirões. Dada a diminuição da seção hidráulica da calha, o escoamento extravasará para o terreno, alagando as planícies próximas ao manancial, espraiando o volume de água.

Visando controlar a quantidade de sedimentos carregados pelo escoamento superficial na bacia, devido a erosão hídrica da superfície, é necessário implementar de forma planejada e combinada medidas tanto de caráter edáfico e vegetativo, quanto as práticas mecânicas.

Segundo Pruski (2009) dentre as principais medidas de caráter edáfico e vegetativo destacam-se: controle de queimadas; adequada adubação verde e química (mineral ou orgânica); florestamento e reflorestamento; práticas agronômicas para evitar a degradação das áreas de pastagem; manutenção permanente da cobertura no solo, reduzindo o período de solos expostos, que são mais suscetíveis ao impacto da gota da chuva e, portanto, à erosão hídrica; cultivos em contorno e em faixas; rotação de culturas e muitas outras.

O planejamento da ocupação da superfície na bacia é de grande importância, visto que cada uso contribui de modo diferente na geração de escoamento como por exemplo, áreas de floresta geralmente apresentam maior taxa de infiltração de água e menor escoamento superficial do que áreas agrícolas e de pastagem. Isso acontece pois logo no início da chuva as copas das árvores impedem que uma parte da água chegue ao solo. Além disso, solos com floresta tendem a ser menos compactados favorecendo a infiltração e diminuindo o escoamento superficial.

Essas medidas “não estruturais” visam aumentar tanto a taxa de infiltração da superfície, quanto a retenção da água pela vegetação; minimizam o escoamento superficial na bacia, reduzindo a possibilidade do carreamento de finos e, consequentemente, assoreamento dos mananciais.

Uma vez que haja algum escoamento superficial sobre as superfícies naturais permeáveis, o solo desagregado poderá ser carregado e transportado junto à lâmina de água ocasionando problemas de sedimentação; nesse caso apenas as medidas edáficas-vegetativas não serão suficientes para controle da erosão hídrica, sendo necessário implementação planejada de medidas estruturais por obras de infraestrutura naturais que ou propiciem maior infiltração localizada da água, ou reduzam a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, reduzam o transporte de sedimentos pela bacia.

As principais mecânicas para controle da erosão hídrica (Pruski,2009) são: terraceamento em curvas de nível e desnível; barragens para contenção da água decorrente do escoamento superficial (barraginhas); controle de erosão em estradas não pavimentadas; pequenas bacias para decantação; paliçadas; drenagem superficial; entre outras medidas.

Além das medidas não estruturais para minimizar o escoamento superficial da bacia, aliada às práticas mecânicas para controle da erosão hídrica; deve ser adotadas estratégias e ações para controle dos sedimentos transportados nos canais naturais, alterando minimamente a geomorfologia desses mananciais; nesse caso pode ser utilizados as técnicas de renaturalização dos rios e córregos.

A renaturalização é uma proposta multidisciplinar para recuperação dos cursos d’água “antropizados” ou degradados visando retorná-los à condição mais natural (original) possível. Esses

projetos não são soluções típicas da hidráulica, necessitando dos conhecimentos de outras áreas da ciência como: (i) hidrologia de matas ciliares; (ii) macrodrenagem; (iii) meteorologia/mudanças climáticas; (iv) geomorfologia fluvial; (v) conhecimentos de materiais não convencionais para proteção e construção de leitos; (vi) erodibilidade e transporte de sedimentos em canais e etc.

É notória a recente intensificação das enchentes tanto na frequência quanto na magnitude das vazões, suplantando a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem natural (rios). Esse aumento na ocorrência de eventos extremos é reflexo direto das alterações climáticas e da ocupação desordenada das bacias de drenagem.

Essa ocupação mal planejada, especialmente, das várzeas dos cursos de água proporcionou restrições às planícies de inundação natural, antes utilizadas para amortecimento do hidrograma de enchente.

A adoção de todas as medidas, ações e obras discutidas têm que estar previstas num planejamento da bacia hidrográfica onde tais obras serão localizadas e dimensionadas; inicialmente deve ser modelada a produção de sedimentos na bacia, identificando pontos críticos da ocorrência da erosão hídrica; subsequente serão identificados e localizados pontos de controle onde serão planejadas as obras e medidas estruturais mais eficazes na minimização da sedimentação do curso da água; posteriormente, nos mananciais mais suscetíveis aos processos de assoreamento serão previstas medidas estruturais para controle da deposição de sedimentos, associados às técnicas de renaturalização.

Conhecimentos críticos necessários

Algumas questões específicas devem ser levantadas e respondidas:

- As práticas agrícolas e a ocupação das áreas permeáveis na bacia propiciam a compactação do solo, reduzindo as taxas de infiltração e provocam erosão hídrica?
- Qual a carga de sedimentos gerada pela bacia hidrográfica e pontos de maior ocorrência de assoreamento?
- Como mudar o contexto de ocorrência de erosão hídrica dos solos por meio do planejamento do uso do solo, adotando técnicas conservacionistas?
- Quais as melhores técnicas não estruturais, estruturais e de renaturalização para implementar?
- Onde implementar as técnicas conservacionistas?

OBJETIVOS

ALIANÇA TROPICAL DE PESQUISA DA ÁGUA - **Projeto Tocantins-Araguaia**
SGCV lote 13, bloco B, apto. 313; CEP: 71.215-630, Brasília – DF; Fones (61) 3107-2986; 99978-4041
e-mail: diretoria@thetwra.org; www.thetwra.org

1. Desenvolver planejamento conservacionista bacia hidrográfica, visando adotar medidas e técnicas de engenharia que aumentem a taxa de infiltração do solo, minimizando a ocorrência da erosão hídrica e produção de sedimentos transportados pelo escoamento superficial, ocasionando a assoreamento de corpos d'água.
2. Localizar e mapear os pontos críticos para ocorrência de erosão hídrica na bacia e locais mais suscetíveis ao assoreamento;
3. Quantificar a carga de sedimentos gerada nos pontos críticos, identificando os cursos d'água mais suscetíveis ao assoreamento;
4. Desenvolver projetos específicos de obras infraestrutura naturais que propiciem a infiltração, estruturas mecânicas para controle do escoamento superficial;
5. Identificar principais cursos d'água que serão desenvolvidos programas de renaturalização;
6. Desenvolver plano de ações e de medidas conservacionistas na bacia, indicando as medidas estruturais e práticas mecânicas mais efetivas no controle do assoreamento e da erosão hídrica.

MÉTODOS

Elaboração da base cartográfica georreferenciada na plataforma SIG utilizando os principais softwares AGIS, utilizando como referência o DATUM SIRGAS 2000. A partir desse levantamento será elaborado um banco de dados unificados das informações mais importantes. Será providenciado para a área das bacias envolvidas um Modelo Digital de Elevação - DEM do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* – SRTM, disponibilizados pelo *United States Geological Survey* - USGS em seu sítio na internet em formato *raster* com resolução espacial de 90m, ou outro DEM com escala igual ou mais detalhada que 1:50.000, que represente adequadamente a morfologia do terreno, incorporando vários elementos que descrevam a topografia e permitam o tratamento desses dados por meio de técnicas de interpolação.

Por meio da modelagem hidrossedimentológica, os resultados de vazão e produção de sedimentos estimados pelo modelo hidrológico SWAT deverão ser calibrados e quantificado; serão identificados e mapeados pontos críticos de ocorrência de erosão hídrica do solo e cursos d'água suscetíveis ao assoreamento.

Proposição de medidas estruturais para prevenção da erosão hídrica e controle de sedimentos,

visando controlar a quantidade de sedimentos carregados pelo escoamento superficial; serão estudadas implantação de medidas mecânicas para contenção da carga de sedimentos gerados nos pontos críticos da bacia e dos mananciais suscetíveis;

Projetos técnicos hidráulicos e hidrológicos de medidas estruturais e das obras de infraestrutura natural para controle de sedimentos na bacia; controle da erosão hídrica e da renaturalização dos cursos d'água suscetíveis ao assoreamento;

Modelagem da carga de sedimentos produzida na bacia, para o cenário hipotético da adoção plena das medidas mecânicas e implementação das obras e técnicas de engenharia para controle do escoamento superficial, visando prever a eficácia das ações por obras previstas no planejamento conservacionista da bacia;

RESULTADOS ESPERADOS

1. Aplicação das técnicas conservacionistas por meio de práticas mecânicas de controle da erosão hídrica dos solos reduzirá a produção de sedimentos na bacia, permitindo a atividade agropecuária;
2. Implementação de estruturas de engenharia que promovam aumento da infiltração da água na bacia e controlem a velocidade de escoamento nos mananciais reduzirá o assoreamento de sedimentos finos nos mananciais;
3. Restauração da disponibilidade hídrica dos mananciais na bacia hidrográfica;
4. A redução da compactação do solo e manutenção de coberturas vegetais na superfície permeáveis (agricultura e pastagem em áreas sem degradação), reduzirão ocorrência de assoreamento;

METAS

Nossa pesquisa visa promover o planejamento conservacionista da bacia hidrográfica em estudo, propondo implantação de medidas mecânicas de controle da erosão hídrica e implantação de obras para contenção da carga de sedimentos e assoreamento.

1. Meses 1-4: Elaboração da base cartográfica e geoprocessamento – levantamento das informações de base e mapeamento do meio físico da bacia que subsidiará demais etapas da pesquisa; mapeamento das atividades agrícolas nas bacias (tipos de culturas anuais e outras perenes), áreas com pastagem, áreas de solo nu ou exposto; nesse mapa temático deverão ser localizados os fragmentos florestais em estágio de regeneração inicial, que poderão ser

utilizados para expansão da atividade agropecuária nos cenários hipotéticos; mapeamento das principais classes de solo levantadas e do uso e ocupação da bacia (meio físico).

2. Meses 5-8: Modelagem hidrossedimentológia – entrega de um diagnóstico caracterizando principais pontos críticos para erosão hídrica da bacia onde serão implementadas as técnicas mecânicas para prevenção da erosão hídrica (diagnóstico).
3. Meses 9-15: Elaboração dos projetos técnicos – entrega dos memoriais descritivos e dos dimensionamentos das medidas de controle e das obras de infraestrutura para controle da erosão hídrica nos pontos críticos levantados; modelagem hidrossedimentológica da carga de sedimentos produzida na bacia para o cenário hipotético de implantação das medidas de controle propostas no plano.
4. Meses 16-17: Redação de um documento contemplando o planejamento conservacionista na bacia em estudo, indicando os resultados e simulações das técnicas mecânicas e obras de infraestrutura dimensionadas para o controle da erosão hídrica. Redação de um artigo científico aplicado dos cenários modelados de produção de sedimentos e aplicação das técnicas conservacionistas.
5. Meses 17-18: Apresentação dos resultados do projeto. Submissão dos trabalhos a eventos e periódicos.

PRODUTOS

1. Base cartográfica georreferenciada da bacia em estudo, com uso e ocupação e localização dos pontos críticos perante erosão hídrica e assoreamento por sedimentos finos
2. Um modelo hidráulico-hidrológico e sedimentológico calibrado das bacias em estudo.
3. Projetos técnicos das obras de infraestrutura para controle da erosão hídrica e redução da carga de sedimentos na bacia.
4. Programas de renaturalização dos mananciais suscetíveis ao assoreamento.

ATIVIDADE 6.4.2 - Monitoramento e Modelagem dos componentes hidrológicos de bacias representativas.

Coordenador: Antônio Carlos Zuffo

OBJETIVO

Desenvolver métodos para modelação e quantificação da produção de sedimentos na bacia hidrográfica, monitorando e representando os componentes hidrológicos, propondo cenários de adoção de técnicas mecânicas e culturais para redução dos processos erosivos, com vistas à investigação científica para dar suporte técnico e embasamento teórico aos órgãos públicos no planejamento do uso e da ocupação do solo, no gerenciamento dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

Serão utilizadas técnicas que permitirão aumentar a resolução temporal das leituras e permitirão a representação artificial do comportamento hidrológico e sedimentalógico da bacia de forma consistente em modelos hidrológicos e hidráulicos, a partir de dados secundários encontrados em diferentes fontes.

Serão levantados e compatibilizados os dados (listados a seguir) necessários à simulação de vazão e de produção de sedimentos pelo modelo hidrológico *Soil Water Assessment Tool - SWAT* (ARNOLD *et al.*, 1998).

Será elaborado um banco de dados com informações de características físicas e capacidade de água disponível (CAD) do horizonte diagnóstico superficial (“A”) e do horizonte subsuperficial diagnóstico (“B” ou “C”), de cada classe do 2º nível taxonômico (subordem) presente no Mapa Pedológico.

Os valores de capacidade de água disponível deverão ser estimados utilizando funções de pedotransferência. Como essas funções necessitam de parâmetros de retenção de água nos solos, esses, por sua vez, serão estimados por meio do software *Qualisolo* (Naime *et al.*, 2006), utilizando valores médios de granulometria, densidade global do solo e densidade de partículas provenientes de Oliveira (1999).

Todos os dados de entrada serão *georreferenciados* e convertidos para o Sistema de Referência SIRGAS 2000, utilizando aplicativo de Sistemas de Informação Geográfica.

Deverão ser utilizadas séries históricas disponíveis de dados meteorológicos diários (temperatura máxima, mínima e média e chuva), de estação meteorológica que tenha 10 anos de dados ou mais e que esteja mais próxima à área de estudo. Além disso deverão ser utilizados dados

pluviométricos de mesmo período que os dados meteorológicos de postos pluviométricos próximos à área estudada.

Serão levantados séries históricas disponíveis de dados de vazão dos rios que compõem a área de estudo de modo a serem comparadas com as vazões estimadas pelo modelo hidrológico SWAT.

Para a utilização do modelo hidrológico os principais dados adquiridos (ou estimados) e compatibilizados que deverão ser inseridos estão listados por tema:

- Solos: Grupo hidrológico; Prof. total; Espessura do horizonte (superficial e subsuperficial); Densidade global (superficial e subsuperficial); Capacidade de Água Disponível (mm/mm) (superficial e subsuperficial); Teor de carbono orgânico (%) (superficial e subsuperficial); condutividade hidráulica saturada (mm/h) (superficial e subsuperficial); e teores de Argila (%), Silte (%) e Areia (%) (superficial e subsuperficial) e coeficiente de erodibilidade (K) da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) (superficial e subsuperficial);
- Uso e ocupação da terra: coeficiente CN para os diferentes grupos hidrológicos; fator “C” relacionado ao efeito da cobertura e manejo do solo na erosão, para a EUPS;
- Parâmetros de estimativa de dados meteorológicos, conforme Guerreiro e Martins (2004).

Os resultados de vazão e produção de sedimentos estimados pelo modelo hidrológico SWAT serão comparados com séries históricas de dados observados de vazão e de produção e transporte de sedimentos, se essas séries estiverem disponíveis. O modelo hidrológico deverá apresentar resultados coerentes com os observados.

Caso não haja disponibilidade de séries históricas de vazão e de produção e transporte de sedimentos, será elaborar uma revisão bibliográfica por dados sedimentológicos nos rios que compõem a área de estudo, de preferência em rios afluentes ao “Araguaia”. Esses dados serão comparados à estimativa de produção e transporte de sedimentos do modelo hidrológico SWAT.

Paralelamente aos levantamentos dos dados secundários sobre as propriedades físico-hídricas do solo, serão realizados estudos numéricos e de laboratório para estimativa de parâmetros para alimentação dos modelos. O presente estudo propõe a construção de um lisímetro *in situ* para representar a geração de escoamento direto e a produção de sedimentos de lisímetros *in situ* durante a chuva bem como das duas bacias hidrográficas, baseado no modelo de Nichol et al. (2008). Diferentemente, porém, do estudo de infiltração estacionária de Nichol et al. (2008), a chaminé de solo deste estudo será provida de um vertedor no topo para extravasar o volume não-infiltado. Para

calibração do modelo hidrológico deverão ser instalados na bacia experimental 5 pluviômetros digitais e três linígrafos (transdutores de pressão).

Após o levantamento de dados básicos para alimentação do *software*, será procedida a calibração do modelo teórico justificando a adoção dos parâmetros propostos; para tanto serão adotadas as diretrizes descritas em Guerreiro, M. J., & Martins, C. (2004). Parametrização das variáveis climáticas necessárias para o uso do modelo SWAT.

Após essa etapa de construção do modelo hidrológico e sedimentológico, serão elaborados cenários hipotéticos de uso da superfície das bacias críticas, visando redução da produção de sedimentos.

Esses cenários serão elaborados considerando a implementação de técnicas conservacionistas nas áreas cultivadas das bacias hidrográficas do estudo; medidas de conservação de leitos e margens dos cursos de água; recuperação e ampliação dos fragmentos florestais em estágio inicial de regeneração; possível expansão das áreas agrícolas e implantação de estruturas hidráulicas para contenção de sedimentos e do escoamento superficial e implementação de técnicas visando a redução da erosão hídrica nessas bacias.

Para os cenários propostos serão simulados o modelo hidrológico e sedimentológico desenvolvido, quantificando a produção de sedimentos e comparando com a situação atual de uso e ocupação das bacias.

Paralelamente à construção da modelagem SWAT, será desenvolvida a modelagem de eventos extremos na bacia utilizando os pacotes desenvolvidos pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE); o *software* HEC-HMS®, apresenta rotinas e algoritmos já desenvolvidos para os objetivos das simulações hidrológicas desse estudo. O HEC-HMS® trata a bacia hidrográfica como um complexo conjunto integrado de “elementos hidrológicos”, responsáveis por funções específicas na modelagem. As sub bacias geram os hidrogramas a partir de uma chuva de projeto individualizada. Os trechos de canais são denominados por *reach transladam* como os hidrogramas, sendo posteriormente integrados em elementos de sobreposição que são as *junctions*. Os efeitos de amortecimento com represamento a montante são processados pelos *reservoir*, os quais podem ser alocados em qualquer ponto da topologia do modelo desenvolvido.

Para a modelação hidrológica de eventos extremos das bacias pilotos será utilizado o método chuva-vazão do hidrograma unitário sintético; segundo PONCE (1989) a adoção dessa metodologia é apropriada para essa bacia pois: (i) possui porte médio (*midsize catchments*) e (ii) não dispõe de séries históricas de vazões.

No presente estudo, a bacia em estudo será considerada como uma rede de canais com as sub bacias interligadas. As sub bacias são as unidades hidrológicas geradoras de hidrogramas, ou seja, unidades de transformação da chuva em vazão; já a rede hidrográfica é interpretada como a rede de canais que direciona e sobrepõe os hidrogramas.

Para transformação da precipitação em escoamento superficial será utilizado o modelo Hidrograma Unitário Curvilíneo (HUC) do NRSC que, segundo PONCE (1989), é uma função linear do hietograma da chuva efetiva (Pe).

Os modelos elaborados no *software* serão calibrados com os eventos de chuva e de propagação de vazão monitorados com a instrumentação das bacias, feita na primeira fase do projeto.

RESULTADOS ESPERADOS:

1. Avaliação da recuperação da capacidade de infiltração no solo na bacia experimental adotada;
2. Avaliação da vazão de pico de vazão da bacia experimental em relação à eficiência de conservação do volume precipitado;
3. Prognosticar a potencialidade de possíveis reduções do volume de escoamento direto na bacia experimental e estimativas de infiltração para as diferentes situações de uso e ocupação do solo;
4. Identificação das causas da perda de solo na bacia experimental;
5. Identificação dos impactos nos meios, biofísico e antrópico, em decorrência do transporte de sedimentos e do aporte ao leito,
6. Desenvolvimento de técnicas de mitigação dos impactos negativos e de valorização dos positivos;
7. Consolidação de técnicas de mitigação para aplicação em bacias com processos de erosão;
8. Simulação hidráulica/hidrológica;
9. Montagem de um sistema de monitoramento em condições de dar suporte a investigações detalhadas em termos quantitativos e qualitativos
10. Melhora do conhecimento dos processos hidrológicos, envolvendo geração de sedimentos de origem pluvial e seus impactos sobre os cursos d'água;
11. Obtenção de dados confiáveis de vazão, sedimentos e qualidade da água durante eventos de enchentes, com levantamento hidrogramas e cargas de sedimentos em eventos de cheias;
12. Medidas de geração de escoamento direto durante eventos chuvosos em um lisímetro de campo;

-
13. Prognosticar a potencialidade de possíveis reduções do volume de escoamento direto na bacia experimental;
 14. Avaliação do aporte de sedimentos ao leito dos rios;
 15. Apropriação do modelo SWAT, para transporte de sedimentos, para situações em bacias análogas;
 16. Simulação de cenário presente e de cenários futuros com diferentes usos e ocupação do solo, para a identificação de pontos críticos de inundação na bacia experimental;
 17. Metodologia de aferição do modelo HEC-HMS em face da disponibilidade de dados oferecida;

INDICADORES DE PROGRESSO:

1. Processo de licitação para contratação de obras, serviços e compras de equipamentos de acordo com o estabelecido na legislação federal pertinente;
2. Execução: Acompanhamento da execução dos serviços de terceiros para a implantação das metas físicas. Aplicação equipe técnica própria da equipe para os serviços operacionais;
3. Acompanhamento em campo: aplicação da equipe de pós-graduandos e de estagiários graduandos;
4. Instalação do lisímetros, pluviômetros e linígrafos na bacia experimental;
5. Avaliação do projeto: o andamento das metas físicas e dos resultados científicos será realizado pela equipe de pós-graduandos e de professores;
6. Reuniões da equipe operacional do subprojeto com agenda de avaliação de resultados parciais, planejamento de ações, análise da literatura;
7. Elaboração de programação e registro de atividades de campo;
8. Relatórios parciais e relatório final;
9. Síntese e consolidação dos dados obtidos conforme fases do projeto;
10. Utilização das novas tecnologias de rede via computadores (Internet) para disseminar os dados e distribuir as informações necessárias para o bom andamento do projeto;
11. Balanço dos avanços consolidados e lançamento em planilha de acompanhamento;

PUBLICO BENEFICIADO

1. Incorporação da percepção ambiental do usuário-morador das bacias hidrográficas no desenvolvimento de soluções específicas para a bacia;
2. Formação de material humano habilitado em gerenciamento e desenvolvimento de bacias hidrográficas de ocupação mista;
3. Formação de material humano habilitado em pesquisa e desenvolvimento tecnológico em bacias de ocupação mista;
4. Formação de material humano habilitado e treinado na área de hidrologia, hidráulica e recursos hídricos;
5. Formação de material humano para o desenvolvimento de atividades multidisciplinares;
6. Consolidação de parcerias com órgão público;
7. Redução dos impactos provocados por enchentes.

METAS

1. Caracterização da área de projeto;
2. Aquisição e instalação dos equipamentos;
3. Monitoramento das variáveis hidrológicas, de qualidade de água e de sedimentos;
4. Caracterização e monitoramento dos processos de infiltração e de unidade dos solos;
5. Elaboração de cenários de ocupação;
6. Calibração dos modelos hidrodinâmicos com eventos de chuva e propagação de vazões monitoradas;
7. Modelagem hidrológica para simulação de escoamentos superficial e transporte de sedimentos, baseados nos diferentes cenários propostos;
8. Identificação de medidas de melhor compromisso para a redução do escoamento superficial;
9. Propostas de medidas estruturais, não-estruturais e compensatórias para o escoamento superficial da bacia piloto;
10. Participação nas reuniões da rede;
11. Divulgação dos resultados.

6.5. Planejamento de conservação e avaliação da biodiversidade

ATIVIDADE 6.5.1 Planejamento de conservação e avaliação da biodiversidade

Coordenador: Marcelo da Silva Moretti (Universidade de Vila Velha)

Embora os ecossistemas aquáticos ocupem menos de 1% da superfície terrestre, eles constituem *hotspots* de diversidade que suportam ~10% de todas as espécies descritas e um terço das espécies de animais vertebrados (Strayer & Dudgeon, 2010). Reduções na quantidade e qualidade da água, modificação de habitats, superexploração dos recursos pesqueiros e invasões biológicas constituem as maiores ameaças aos ecossistemas de água doce e costeiros em todo o mundo e não existem sinais da diminuição destas ameaças nas próximas décadas. A biodiversidade de água doce está particularmente ameaçada, decaindo muito mais rapidamente que em ecossistemas terrestres e marinhos (Dudgeon et al., 2006). Além disso, distúrbios ao longo das bacias podem contribuir para a perda da biodiversidade, resultando em altas taxas de extinção (Linke et al., 2011). As mudanças climáticas também contribuem para estes problemas, afetando ecossistemas em regiões que até o momento tinham sido relativamente preservadas das atividades humanas (Dawson et al., 2011).

Os desafios envolvidos na proposição de um planejamento de conservação para os ecossistemas de água doce incluem a dificuldade na coleta de dados para as espécies aquáticas e a incerteza na classificação dos filtros grossos para a sua representação, enquanto também se leva em consideração a manutenção da conectividade natural nas bacias e as ameaças longitudinais, laterais e relacionadas às mudanças climáticas (Huang et al., 2014).

O estudo simultâneo dos componentes estruturais e funcionais dos ecossistemas de água doce fornece informações úteis para a construção de uma avaliação ecológica construtiva (Feio et al., 2018). As leis brasileiras exigem o monitoramento biológico dos ecossistemas de água doce (ex. CONAMA, 2005) e métodos biológicos estruturais têm sido desenvolvidos para peixes, invertebrados, algas e cianobactérias. Entretanto, abordagens funcionais ainda não são oficialmente utilizadas.

Necessidades críticas de conhecimento

Investimento adicional é necessário para quantificar o padrão espacial e a escala das influências antrópicas na diversidade taxonômica e funcional dos ecossistemas aquáticos, desenvolvimento de orientações técnicas para a proteção e reabilitação de rios e riachos, e para o

desenvolvimento de ferramentas de planejamento sistemático melhoradas. A pesquisa se faz necessária para o desenvolvimento de:

- i. Modelos de distribuição de espécies para identificar e mapear os *hotspots* de biodiversidade aquática;
- ii. Programas de monitoramento para avaliar os componentes estruturais e funcionais dos ecossistemas de água doce;
- iii. Abordagens multidisciplinares para identificar os principais processos ecológicos e ameaças aos ecossistemas aquáticos;
- iv. Abordagens de planejamento de conservação participativos para auxiliarem os gestores do solo e da água a explorar opções de desenvolvimento que protejam a biodiversidade e minimizem a perda de espécies; e
- v. Abordagens econômica e socialmente aceitáveis para reparar os ecossistemas degradados para benefícios múltiplos e melhorar a resiliência da bacia frente às mudanças climáticas.

Atendimento a estas necessidades

- i. Realizar avaliações da biodiversidade aquática (mapeamento e modelagem da biodiversidade);
- ii. Determinar os padrões estrutural e funcional dos ecossistemas de água doce com diferentes níveis de conservação, isto é, influenciados por diferentes distúrbios;
- iii. Desenvolver o planejamento participativo e ferramentas de modelagem para priorizar ações de conservação dos ambientes aquáticos e proteção da biodiversidade.

Abordagem do Tema

Todas as abordagens sistemáticas para o planejamento de conservação compartilham 3 princípios gerais – representação, persistência e estabelecimento de metas de conservação quantitativas. A representação se refere a necessidade de se conservar adequadamente a completa variedade das características da biodiversidade de uma região planejada, enquanto a persistência requer a manutenção dos processos naturais que suportam e geram a biodiversidade (Nel et al., 2009). O estabelecimento de metas de conservação quantitativas é uma característica que define o planejamento de conservação sistemático e pode incluir, por exemplo, o número de ocorrências de um tipo particular de rio, o número de hectares de um tipo específico de área alagada ou o número de

ocorrências de uma espécie. Metas de conservação promovem o desenho de áreas de conservação espacialmente eficientes por fornecerem um meio quantitativo para avaliar a complementariedade dos locais candidatos. Este conceito de complementariedade – onde as áreas de conservação são escolhidas para complementarem umas as outras no seu teor de biodiversidade – forma a estrutura computacional da maioria das ferramentas de planejamento de conservação sistemáticas (Sarkar et al., 2006). A complementariedade de um local é calculada como a contribuição que ela faz para as metas de conservação não ainda alcançadas pelo conjunto existente de áreas de conservação. Este valor é uma medida relativa que precisa ser recalculada a cada vez que um novo local é adicionado a rede de áreas conservadas.

Estes três princípios – representação, persistência e metas de conservação – estabelecem abordagens de planejamento de conservação sistemáticas independentes das abordagens de pontuação iniciais para a priorização da conservação que avaliam locais individuais de acordo com vários critérios de biodiversidade e manejo. (Dunn, 2003). Estas abordagens de pontuação muitas vezes enfraquecem a representação (quando os tipos de ecossistemas que naturalmente possuem baixa pontuação não são representados) e frequentemente resultam em ineficiências espaciais devido à falta de consideração explícita para a complementariedade.

Cada vez mais, um quarto princípio para a promoção da implementação efetiva e sustentável tem sido explicitamente incluída na estrutura do planejamento de conservação sistemático (Knight et al., 2003). Este princípio aborda ações de manejo em áreas prioritárias, e também confronta temas não-espaciais que influenciam a implementação sustentável e efetiva. Estes temas incluem o desenvolvimento de mecanismos para a cooperação entre setores, a capacitação nas agências de conservação, chamada de atenção para a necessidade da conservação, e desenvolvimento de um sistema apropriado e monitoramento e avaliação.

Além da avaliação das comunidades aquáticas (p.ex., peixes e invertebrados bentônicos) indicadores potenciais da qualidade dos ecossistemas de água doce também serão considerados na avaliação da biodiversidade, como a decomposição da matéria orgânica e a produção primária e o crescimento do biofilme.

Atividades e métodos

Protocolo 1: Atributos funcionais e processos ecológicos

Os rios, como os demais ecossistemas, sofrem estresses causados pelas atividades

antrópicas. Nos últimos anos, a preocupação da sociedade frente a estas alterações tem aumentado e tanto cientistas quanto governantes estão se esforçando para diminuir os efeitos negativos sobre os ambientes aquáticos. Neste sentido, um pré-requisito crítico para que estes esforços sejam efetivos é a avaliação da integridade ecológica dos ecossistemas que estão sujeitos a algum tipo de influência antrópica. Várias abordagens têm sido propostas nos últimos anos e algumas destas são atualmente utilizadas por agências e órgãos de proteção e gerenciamento dos recursos hídricos de diversos países (Barbour et al., 1999; Buss et al., 2015).

A integridade ecológica pode ser subdividida em dois componentes, a integridade estrutural e a integridade funcional (Minshall, 1996). Partindo de um ponto de vista biológico, estrutura se refere a padrões espaço-temporais, particularmente das comunidades biológicas e de seus recursos, enquanto função pode ser equiparada aos processos ecossistêmicos. Desta forma, a integridade estrutural pode ser definida como a composição qualitativa e quantitativa das comunidades biológicas e dos seus recursos em condições pristinas (Vitousek et al., 1997). As assembleias de peixes e macroinvertebrados tem sido o foco principal em avaliações da integridade estrutural em rios (Norris e Hawkins, 2000), embora uma variedade de grupos alternativos, como as comunidades de algas bentônicas, protozoários e macrófitas, também tem sido bastante utilizada.

A integridade funcional é um complemento da integridade estrutural e se refere às taxas, padrões e importância relativa dos diferentes processos no nível de ecossistema, também em condições pristinas. Alguns processos que podem ser utilizados nas avaliações de rios são: produção primária de algas bentônicas e macrófitas, respiração, produção secundária de macroinvertebrados, fixação de nitrogênio e decomposição de detritos foliares. Entretanto, este conceito de integridade funcional (em termos de processos ecológicos) é raramente utilizado em avaliações sistemáticas de condições ecológicas de rios (Bunn e Davies, 2000) por uma questão de tradição e, possivelmente, pela falta de padronização nas medições e nas variáveis resposta.

A ausência do estudo de atributos funcionais na avaliação da integridade ecológica de riachos contrasta com a forma clássica que os ecólogos enxergam os ecossistemas, i.e., como entidades definidas tanto por sua estrutura quanto função (Cummins, 1974). Uma vez que os padrões (estrutura) determinam o processo (função) e os processos, por sua vez, afetam os padrões, ambos são fortemente relacionados e descrevem diferentes aspectos da mesma entidade. Desta forma, ambos devem ser considerados quando a integridade de um ecossistema como um todo precisa ser avaliada (Feio et al., 2010). A restrição a parâmetros estruturais ignora a complementaridade existente entre padrões e processos, dificultando uma maior compreensão do ecossistema como um todo. Esse é o

principal motivo pelo qual a medição de parâmetros funcionais deve ser incorporada aos protocolos de bioavaliação de ecossistemas alterados.

Gessner e Chauvet (2002) propuseram a utilização da decomposição de detritos foliares como um processo indicador nas avaliações de riachos, uma vez que a matéria orgânica alóctone possui um papel central no metabolismo destes ecossistemas. Vários estudos já demonstraram que as taxas de decomposição de detritos foliares em riachos respondem a diferentes estresses de origem antrópica (Webster e Benfield, 1986; Abelho, 2001). Por exemplo, a poluição dos riachos pela entrada de rejeitos de mineração e acidificação das águas diminuem consideravelmente as taxas de decomposição (e.g., Medeiros et al., 2008). Modificações na vegetação ripária, como a entrada de espécies exóticas e a abertura de áreas de pastagem e rodovias, também alteram as taxas de decomposição uma vez que a estrutura e composição da vegetação marginal afetam a entrada de matéria orgânica e, consequentemente, o processo de decomposição (Benfield et al., 2001).

O objetivo do *Protocolo 1 – Atributos funcionais e processos ecológicos* é utilizar variáveis funcionais como indicadores ecológicos da integridade ambiental de diferentes trechos da bacia do Tocantins-Araguaia. Este protocolo avaliará aspectos interdisciplinares de limnologia, ecologia de ecossistemas e processos ecológicos e seus resultados subsidiarão o entendimento sobre o funcionamento de ecossistemas, subsidiando a proposição de medidas de gestão da bacia estudada.

Metodologias de Campo

Decomposição

As taxas de decomposição de material orgânico serão determinadas utilizando chapas de madeira balsa (10×15 cm) como substrato padronizado. As chapas de madeira balsa serão colocadas individualmente em *litter bags* de malha grossa (MG; 10 mm de malha) e malha fina (MG; 5 mm de malha). Os *litter bags* de malha grossa serão utilizados para determinar a decomposição total (invertebrados e microrganismos; Bärlocher, 2005). Em cada trecho, 5 *litter bags* serão incubados por aproximadamente 8 semanas. Após a incubação os *litter bags* serão acondicionados individualmente em sacos plásticos e transportados para o laboratório. As chapas de madeira serão então lavadas com água corrente para a remoção de sedimento e invertebrados aderidos. De cada chapa serão cortados 5 círculos ($\varnothing 1,8$ cm) para a determinação das taxas de decomposição. Os 5 círculos serão colocados em um mesmo cadiño de alumínio pré-pesado, secos a 60°C por 72h, pesados, incinerados a 550°C por 1h e novamente pesados (± 0.01 mg), para a determinação do peso

seco livre de cinzas (PSLC). O mesmo procedimento será repetido com 5 círculos retirados de uma chapa de madeira não-incubada, para a determinação do PSLC inicial da amostra. As taxas de decomposição (k) serão calculadas pelo ajuste dos dados de massa remanescente ao modelo exponencial negativo:

$$P_f = P_i e^{-kt}$$

onde P_f é o PSLC remanescente, P_i é o PSLC inicial e t é o tempo de incubação em dias.

Taxas de respiração

As taxas de respiração do sedimento dos trechos selecionados (R_r , mg O₂ h⁻¹) serão determinadas como um indicativo do metabolismo do ecossistema aquático. Para isto, cilindros de PVC (30 cm de comprimento, 4,4 cm de diâmetro) serão preenchidos até a metade com sedimento do próprio rio (< 1 cm diâmetro, coletado até 15 cm da interface sedimento-água). Os cilindros terão seu volume completado com água do rio e vedados com rolhas de borracha (adaptado de Jones et al., 1995; Uehlinger et al., 2002). As taxas de respiração serão determinadas pela diminuição dos teores de oxigênio dissolvido nos cilindros. Em cada trecho, 4 cilindros serão incubados *in situ* por aproximadamente 3h. Após a incubação o material de cada cilindro será acondicionado em um saco plástico e pesado. O volume de água (V_c) em cada cilindro será determinado pela diferença entre o volume total do cilindro e o volume da fração de sedimento. A taxa de respiração será calculada pela equação:

$$R_r = [(O_{2i} - O_{2f}) / (V_c \times t)] \times 100$$

onde O_{2i} é a concentração inicial e O_{2f} a concentração final de oxigênio nos cilindros (medidos com um oxímetro portátil) e t é o período de incubação.

Biofilme em substrato artificial: taxa de crescimento, clorofila a e índice autotrófico

O crescimento do biofilme (Cr; mg m⁻² dia⁻¹) e a concentração de clorofila a (Cl a; mg L⁻¹ dia⁻¹) do biofilme em substrato artificial serão utilizados como indicadores da produtividade de algas. Para determinar o crescimento do biofilme, serão utilizadas folhas de acetato (10 × 15 cm) como substrato artificial. Três folhas serão amarradas com uma corda de nylon incubadas nos trechos por aproximadamente 8 semanas. Após a incubação, as folhas serão levadas ao laboratório e duas áreas circulares (\varnothing 4,0 cm) de cada folha serão raspadas com uma escova de dentes. O conteúdo da primeira área será transferido para cadiinhos de alumínio pré-pesados, seco a 60° C por 72h, pesado, incinerado

a 550° C por 1h e repesado para o cálculo do peso seco livre de cinzas (PSLC). A taxa de crescimento (Cr; de acordo com A.P.H.A., 1995) será calculada pela equação:

$$Cr = PSLC \text{ do biofilme} \times ac^{-1} \times t^1$$

onde ac é a área do círculo raspado (m^{-2}) e t é o tempo de incubação (dias).

O conteúdo da segunda área raspada será transferido para uma solução de acetona (90%). A absorbância será medida em um espectrofotômetro e a concentração de clorofila *a* determinada de acordo com A.P.H.A. (1995). A importância relativa dos autotróficos *versus* heterotróficos e detritos do biofilme será calculada pelo índice autotrófico (IA; A.P.H.A., 1995):

$$IA = PSLC \text{ do biofilme (mg m}^{-2}\text{)}/Cl\ a \text{ (mg m}^{-2}\text{)}$$

Biomassa do biofilme em substrato natural

A biomassa do biofilme em substrato natural (Bn) será estimada a partir de 3 pedras submersas escolhidas aleatoriamente em cada trecho. Um círculo ($\varnothing 4,0$ cm) será raspado de cada pedra para a determinação do PSLC do biofilme, conforme a metodologia descrita anteriormente. A Bn será então calculada pela equação:

$$Bn = PSLC \text{ do biofilme} \times ac^{-1}$$

Taxas de Esporulação e biomassa fúngica

Após a lavagem das chapas de madeira balsa, 5 círculos ($\varnothing 1,0$ cm) serão cortados para a avaliação das taxas de esporulação e das assembleias de hifomicetos aquáticos. Os círculos serão colocados em Erlenmeyers de 100 ml contendo 30 ml de água do rio filtrada e mantidos sob temperatura (18° C) e agitação (90 rpm) controladas para se induzir a esporulação. Após 48 horas, os círculos serão removidos e a suspensão contendo os esporos será armazenada em tubos Falcon de 50 ml e fixada com 2,5 ml de formalina (formol a 4%). Alíquotas desta suspensão serão filtradas em filtros de nitrato celulose (porosidade: 5 μm). Cada filtro será corado com uma solução de 60% ácido lático: 0,1% azul de Trypan (Iqbal e Webster, 1973) e examinado microscopicamente (aumento de 200 X) para se determinar o número total de esporos produzidas por mg de folha (PSLC) e para a identificação dos hifomicetos aquáticos (Ingold, 1975).

A concentração de ergosterol associada às chapas de madeira será determinada como um indicador do crescimento de biomassa fúngica (Gessner e Schmitt, 1996; Gessner, 2005). Três pares adicionais de círculos (\varnothing 1,0 cm) serão cortados da chapa de cada *litter bag* e liofilizados. Posteriormente, três discos, sendo um de cada par, serão colocados em tubos contendo 10 ml de KOH/metanol e os lipídeos serão extraídos e saponificados a 80° C. O extrato será então purificado por uma extração de fase sólida e quantificado por uma cromatografia líquida de elevada performance (HPLC). Os discos remanescentes serão secos, pesados, incinerados e repesados para a determinação do PSLC que será assumido como a massa dos discos processados para a determinação do ergosterol. Os valores de ergosterol serão convertidos para biomassa fúngica utilizando o fator de conversão de 5,5 μ g ergosterol por mg biomassa fúngica (peso seco; Gessner e Chauvet, 1993). Os resultados serão expressos em mg de biomassa fúngica por g PSLC.

Protocolo 2: Organismos fragmentadores

A matéria orgânica de origem alóctone constitui um importante recurso energético para os riachos de cabeceira, uma vez que a produtividade primária normalmente é limitada devido a menor incidência de luz causada pelo sombreamento da vegetação ripária (Minshall, 1967; Webster e Benfield, 1986; Ricklefs e Miller, 1999). A decomposição desta matéria orgânica é um processo complexo envolvendo etapas bióticas e abióticas que normalmente ocorrem em três fases distintas, porém concomitantes (Graça, 1993, 2001; Gessner e Chauvet, 1994). A primeira etapa consiste na lixiviação de compostos solúveis, que ocorre através da abrasão da água com a lâmina foliar. Esta etapa, ao reduzir as concentrações de compostos fenólicos, pode modificar a composição química dos detritos e favorecer a sua colonização por microrganismos (Graça, 1993; Gessner et al., 1999; Gimenes et al., 2010). A segunda etapa consiste no condicionamento dos detritos por microrganismos. Ao se fixarem e colonizarem os detritos foliares, os microrganismos liberam enzimas que degradam quimicamente o material foliar para obter energia para o seu crescimento e reprodução (Webster e Benfield, 1986; Suberkropp, 1992). A última etapa deste processo consiste na fragmentação biológica dos detritos foliares por invertebrados detritívoros que, ao se alimentarem, transformam a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em matéria orgânica particulada fina (MOPF), que ficará então disponível para os demais organismos detritívoros localizados à jusante (Graça, 1993; Gimenes et al., 2010).

Os hifomicetos aquáticos constituem o principal grupo de fungos decompositores associados a detritos foliares em decomposição (Suberkropp, 1992; Abelho, 2001; Sales et al., 2014). Estes

microrganismos constituem um grupo monofilético que apresenta características morfológicas diversificadas. De acordo com Ingold (1975) e Gulis (2001), estas características podem conferir maior rapidez e facilidade para a fixação dos esporos e colonização dos substratos. Os hifomicetos podem ser facilmente encontrados associados a folhas em decomposição nos riachos de diversas regiões do mundo. Porém, a diversidade dos fungos aquáticos pode ser influenciada pelas características dos riachos, como a temperatura da água (Gessner, 1992; Casas et al., 2011), e a composição química dos detritos foliares (Suberkropp e Chauvet 1995; Schoenlein-Crusius et al., 2009). Os riachos de regiões neotropicais, por apresentarem águas com temperaturas mais altas, possuem elevada diversidade de espécies fúngicas (Mathuriau e Chauvet 2002; Gonçalves et al., 2006).

O incremento nutricional das folhas causado pela atividade dos hifomicetos pode elevar a palatabilidade e a atratividade dos detritos foliares para os invertebrados fragmentadores (Spanhoff e Meyer, 2004; Gonçalves et al., 2006). Em um estudo pioneiro, Bärlocher (1980) demonstrou que o forrageio dos invertebrados fragmentadores pode ser influenciado pela diversidade e abundância da comunidade fúngica encontrada associada aos detritos foliares em riachos temperados que apresentavam características físicas e químicas distintas. Além disso, vários estudos recentes têm demonstrado que os invertebrados fragmentadores preferem se alimentar de detritos foliares que foram lixiviados e condicionados por microrganismos (Duarte et al., 2006; Gonçalves Jr, et al., 2012; Sales et al., 2014).

Os invertebrados fragmentadores são caracterizados por serem capazes de reduzir a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em fina (MOPF), disponibilizando-a para os demais consumidores. Determinados grupos pertencentes às ordens Trichoptera, Plecoptera e Diptera têm sido considerados os principais organismos fragmentadores de matéria orgânica em riachos temperados (Webster et al., 1999). Entretanto, alguns estudos têm encontrado uma baixa abundância de insetos fragmentadores em riachos tropicais (Mathuriau e Chauvet, 2002; Cheshire et al., 2005; Gonçalves et al., 2006b). Boyero et al. (2009) ressaltaram que a menor abundância destes organismos em alguns riachos tropicais não necessariamente resulta em menores taxas de decomposição, uma vez que a influência de alguns grupos de macroconsumidores, como crustáceos e peixes, têm sido negligenciadas devido a equívocos em sua classificação trófica. Dobson et al. (2002) encontraram uma elevada proporção de detritos vegetais nos conteúdos estomacais de caranguejos do gênero *Potamonautes* sp. (Decapoda, Potamonautesidae) em riachos africanos e sugeriram que estes organismos poderiam atuar como fragmentadores.

Mais recentemente, alguns estudos sugeriram que a presença de grandes consumidores onívoros compensaria a menor abundância de insetos especializados na fragmentação de detritos foliares em ecossistemas aquáticos tropicais (Li e Dudgeon, 2008; Bezerra, 2012). Além disso, a maior biomassa destes macroconsumidores resultaria em uma maior eficiência no processamento de detritos foliares quando comparados aos insetos fragmentadores (Moss, 2004). Por exemplo, Usio (2000) observou que um lagostim do gênero *Paranephrops* (Decapoda, Parastacidae) aumentou significativamente as taxas de decomposição de detritos foliares em um riacho na Nova Zelândia, sobrepondo o efeito dos demais fragmentadores. No Brasil, alguns estudos sugeriram que os crustáceos dulcícolas contribuem para o processamento da matéria orgânica, sendo que taxas de decomposição mais elevadas foram observadas na presença desses organismos (Landeiro et al., 2008; Moulton et al., 2009; 2010).

O objetivo do *Protocolo 2: Organismos fragmentadores* é avaliar a diversidade da comunidade decompositora que atua na decomposição foliar em riachos de cabeceira de diferentes trechos da bacia Tocantins-Araguaia. Desta forma, pretende-se determinar a diversidade destes organismos e sua participação na ciclagem de matéria orgânica.

Metodologias de Campo

A partir dos resultados da atividade 6.2.4 as folhas das espécies vegetais que mais contribuírem para o aporte foliar serão utilizadas em experimentos para avaliar a taxa de decomposição nos trechos para restauração e nos trechos de mata Ciliar Nativa preservada. Ainda por meio deste delineamento serão identificadas as espécies aquáticas (micro-organismos), invertebrados e vertebrados que participam do processamento das folhas nos riachos e mineralização dos compostos para serem disponibilizados para outros organismos da cadeia alimentar. Para tanto serão realizados experimentos trimestrais, durante dois anos com parte do material proveniente do aporte vertical da 6.2.4, tentando entender de que forma ocorre a decomposição foliar por espécie de planta que contribui com a matéria orgânica e com a mistura destas espécies levando em consideração a porcentagem delas na contribuição total de matéria orgânica que entra no riacho. O experimento será realizado nos trechos dos riachos definidos na linha temática citada. Com incubação do experimento a cada 3 meses e retirada das amostras para avaliar a perda de massa bem como a diversidade de organismos decompositores nos tempos 30, 60 e 90 de permanência das folhas nos riachos. Este delineamento vem sendo desenvolvido em diferentes biomas brasileiros trazendo resultados

relevantes para a discussão da necessidade de se preservar estes trechos da bacia como *hotspots* de diversidade.

RESULTADOS

A TWRA irá desenvolver ferramentas inovadoras para o planejamento e priorização da conservação que irão guiar investimentos futuros para a infraestrutura do uso da água e minimizar os riscos para a biodiversidade de água doce, produção pesqueira e outros valores dependentes dos ambientes aquáticos com a herança cultural. Além disso, serão utilizados processos ecológicos para avaliar a saúde dos ambientes aquáticos e valoração dos Serviços Ambientais oferecidos por estes processos.

Este projeto permitirá que a abordagem e as técnicas do Planejamento de Conservação possam ser entendidas e utilizadas na bacia do Tocantins-Araguaia. Desta forma, os seguintes passos estão planejados:

- avaliação da eficácia de alternativas para a biodiversidade de água doce;
- estabelecimento de metas de conservação cientificamente defensíveis;
- desenvolvimento de algoritmos baseados em complementariedade que considerem simultaneamente problemas de diversidade para ambientes aquáticos lênticos e lóticos;
- desenvolvimento de planos de conservação integrados que abordem os domínios de água doce, terrestre e marinho;
- incorporação da incerteza e das ameaças dinâmicas nos planejamentos de conservação dos ecossistemas aquáticos;
- coleta e compilação de dados primários em escala apropriada;
- construção de uma base de evidências para suportar a melhoria da implementação dos planos de conservação.

METAS

1. Produção de um modelo da decomposição foliar capaz de prever a variação espacial e temporal da influência da diversidade de organismos decompositores bem como da composição de espécies de plantas que entram neste trecho de riacho.
2. Conhecimento da diversidade de organismos que participam do processo de transformação do carbono nos riachos: invertebrados, fungos, peixes....

3. Estabelecer os padrões sazonal e interanual e espacial da decomposição e da comunidade que atua no processo tanto nas regiões de referência como nas regiões para restauração.
4. Subsidiar a temática de valoração do impacto da remoção da vegetação ripária na entrada da MOPG e efeitos no ambiente
5. Estabelecer o efeito ambiental na entrada MOPG entre trechos preservados e sob regime de restauração para a qualidade de água por meio da diversidade de organismos decompositores e efeitos na ciclagem do carbono
6. Formação de técnicos de campo para realização do trabalho piloto e, consequentemente, para um programa de longo prazo.

6.6 Dimensão social e cultural da água

Para traduzir a ciência inovadora em ação, os tomadores de decisão devem estar convencidos dos benefícios econômicos e sociais e do conhecimento científico. Ao invés das transferências usuais de conhecimento de pesquisadores para tomadores de decisão ou comunidade local, iremos pensar em uma abordagem alternativa, baseada no paradigma de co-construção e compartilhamento do conhecimento. Nesse sentido, iremos realizar uma pesquisa-ação na qual as diferentes partes interessadas poderão participar e contribuir ativamente para a produção de conhecimento, como o material educacional descrito na seção 5.4 (Segurança Hídrica). Quando o conhecimento é produzido em conjunto, ocorre uma comunicação mais direta entre cientistas e tomadores de decisão ou agentes locais, promovendo a alfabetização científica. A vantagem de uma abordagem de pesquisa-ação é enfrentar, ao mesmo tempo, dois objetivos gerais: (i) ajudar a sintetizar a pesquisa em ciências naturais e ciências sociais para melhor informar a tomada de decisões práticas e o gerenciamento eficaz de sistemas socioecológicos; e (ii) envolver os formuladores de políticas e comunidades locais nas atividades de pesquisa. Essas duas etapas estão enquadradas nos objetivos gerais de pesquisa: (i) adotar uma perspectiva socioecológica e transdisciplinar desde o início para ajudar a estruturar questões e programas de pesquisa que abordem complexidades socioecológicas relevantes; e (ii) transformar “soluções” em resultados práticos eficazes.

Cada um dos desafios e questões de pesquisa (equilíbrio entre as demandas de água humanas e da natureza; fragmentação e a conectividade de rios; influência do uso da terra nos ecossistemas aquáticos; segurança hídrica; e planejamento da conservação e avaliação da biodiversidade) deve ser enfrentado por esta questão transversal sobre **Dimensões sociais e culturais da água**. Isso ocorre

porque a implementação efetiva de um **gerenciamento integrado de recursos hídricos** depende do engajamento efetivo das partes interessadas ou setores da sociedade, mas orientado ao conhecimento.

ATIVIDADE 6.6.1. Um forte foco no treinamento em pesquisa e no desenvolvimento da capacitação

Coordenador: Viviane Miranda

Além do treinamento de estudantes e pesquisadores em início de carreira, a Aliança Tropical de Pesquisa da Água (Tropical Water Research Alliance - TWRA) terá um forte foco no desenvolvimento de capacidades, através de cursos e programas avançados de treinamento sobre as amplas dimensões do ambiente na gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) para a próxima geração de profissionais em ciências da água. Estas capacitações serão projetadas para praticantes de nível inicial e intermediário e os ajudarão a entender o risco do ecossistema, avaliar cenários e implementar o gerenciamento ambiental da água. Elas podem garantir que os profissionais de gerenciamento de recursos hídricos tenham capacidade e conhecimento técnico suficientes para investigar conflitos, problemas e desafios existentes e propor novos mecanismos para integrar os princípios de gerenciamento ecológico da água em sistemas mais amplos de gerenciamento de recursos hídricos.

ATIVIDADE 6.6.2. Educação Ambiental e Educação Científica: ações com escolas públicas

Coordenador: Viviane Miranda

A compreensão das questões ambientais pela sociedade é um objetivo fundamental para integrar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a segurança hídrica e a proteção ambiental. Nesse sentido, a Educação Ambiental é uma ferramenta fundamental nesse processo, pois permite articular diferentes formas de conhecimento (científico, indígena, tradicional, etc.).

Considerando a abordagem educacional nas escolas como um espaço fértil para estabelecer relações com os pesquisadores, iremos promover diálogos e abordar algumas mudanças no currículo. Na escola básica, “água” é um tema para estudar no currículo de Ciências. Trajber e Mendonça (2007) apresentaram que “água” é o principal tema trabalhado em projetos de Educação Ambiental em escolas brasileiras. Saito (2017) afirmou que a água é uma das principais questões globais no nível das Nações Unidas. Então, as perguntas são: Como a “água” é trabalhada como parte do currículo das escolas e como esse assunto chega à sociedade na Nova Década Internacional sobre a Água (2018-2028); e Como a Educação Ambiental está articulando questões de educação científica e água da vida

real? Na escola básica, a gestão da água é restrita à conscientização dentro da escola, mas não ao ambiente externo. Além disso, alguns autores consideram necessária uma abordagem interdisciplinar do tema da água para promover a reflexão sobre sustentabilidade e educação científica na vida cotidiana dos estudantes (Martins e Martins, 2002). A Lei Brasileira da Água (Lei nº 9433/1997) pretende promover a participação do cidadão na gestão de bacias hidrográficas, mas a educação para a participação do público nem sempre está presente na dimensão pedagógica das escolas.

O fato é que, embora a água esteja frequentemente presente no currículo escolar, sua abordagem nem sempre é de forma integrada. Assim, existe uma lacuna no diálogo entre sociedade e ciência, em uma visão crítica. Em pesquisas anteriores, foi demonstrado que os elementos conceituais dos discursos acadêmicos nos livros didáticos poderiam ser divididos em duas abordagens para representar o uso da água: (i) o social / antropocêntrico (relacionado a recursos, disponibilidade e escassez) e (ii) biológica / biocêntrica (a água como parte de um sistema que sustenta a vida) (Freire, 2013; Miceli e Freire, 2014; Freire et al., 2014). Além disso, as pessoas interagem com a água, guiadas pela necessidade de preservação e manejo dos recursos hídricos. Nesses estudos, também observamos que as representações científicas nos livros didáticos estão relacionadas a uma visão da ciência para resolver problemas e que os cientistas têm um papel ativo enquanto a sociedade é geralmente passiva para resolver problemas.

Para Santos (2007), a alfabetização científica dos cidadãos requer a compreensão de princípios básicos dos fenômenos cotidianos, para que eles possam avançar para a capacidade de tomada de decisão relacionada à ciência e tecnologia. A alfabetização científica pode ser abordada por processos de ensino-aprendizagem. Como modelo didático para os processos de ensino-aprendizagem, consideramos as seguintes etapas: diagnóstico, ação educacional, processo / avaliação generativa adaptado de um modelo de educação de adultos (Diduck, 1999).

Conhecimentos críticos necessários

Dessa maneira, algumas questões específicas devem ser levantadas e respondidas:

- Qual é o tipo de problema que as comunidades têm com a água? Como elas são afetadas em seus bairros pelos impactos nas bacias hidrográficas?
- Como envolver as pessoas em questões ambientais?
- Como mudar os currículos locais para promover a alfabetização científica sobre questões ambientais?
- Quais experiências na natureza as escolas públicas oferecem?

-
- Quais são os principais conceitos de segurança hídrica e gestão integrada de recursos hídricos que são difundidos?

OBJETIVOS

1. Desenvolver atividades de pesquisa participativa e educação ambiental nas escolas para conscientização e ação das comunidades sobre o papel da água e da vegetação na preservação e recuperação de corpos d'água e no manejo sustentável de bacias hidrográficas.
2. Estimular a participação das comunidades no diagnóstico e propostas de solução dos problemas socioambientais relacionados à água em suas localidades;
3. Desenvolver atividades de educação ambiental com professores e alunos das escolas;
4. Apoiar e orientar os professores nas iniciativas de educação em ciências da água nas escolas envolvidas;
5. Desenvolver metodologias transversais que conectem as questões da água à biodiversidade.
6. Realizar uma análise dos materiais didáticos atuais, com vistas a um currículo subsidiário das escolas da rede pública;
7. Incentivar a mobilização das comunidades escolares para a participação do cidadão na solução de problemas de gestão de bacias hidrográficas.

MÉTODOS

A principal referência metodológica deste projeto é a Pesquisa-Ação (Thiollent, 2011; Tripp, 2005). Essa metodologia é baseada nos seguintes princípios:

Favorecer a participação, transformação e autonomia dos participantes na solução dos problemas identificados e vivenciados por eles;

Articulação do conhecimento e habilidades das comunidades com o conhecimento científico e ambiental e o desenvolvimento de projetos econômicos sustentáveis;

Capacitação em abordagens interdisciplinares e transdisciplinares e no planejamento participativo das atividades desenvolvidas durante o projeto.

RESULTADOS ESPERADOS

ALIANÇA TROPICAL DE PESQUISA DA ÁGUA - Projeto Tocantins-Araguaia
SGCV lote 13, bloco B, apto. 313; CEP: 71.215-630, Brasília – DF; Fones (61) 3107-2986; 99978-4041
e-mail: diretoria@thetwra.org; www.thetwra.org

Escolas / Atividades integrativas com as Comunidades

1. Criação de um modelo hipotético de cada bioma, incluindo seus componentes de fauna e flora;
2. Organização de viveiros escolares para a produção, manutenção e plantio de mudas nativas;
3. Desenvolvimento de um programa para manter limpas as nascentes e riachos;
4. Descarte adequado de lixo nas escolas e comunidades do entorno;
5. Restauração da mata ciliar dos cursos d'água nas microbacias das escolas;
6. Oficinas de práticas sustentáveis perto da escola e da comunidade fora da escola;

PRODUTOS

1. Um modelo de riacho, contendo os principais habitats e substratos encontrados na natureza e os insetos (modelos de pelúcia) associados.
2. Painel interativo, feito de tecido e fotografias com ímã, para que as crianças coloquem os diferentes insetos em seu habitat / substrato adequados.
3. Jogo de memória em tecido, contendo imagens dos principais organismos aquáticos (principalmente insetos).
4. Livro infantil ilustrado, contendo informações sobre a importância das zonas ribeirinhas para manter o equilíbrio nos ecossistemas aquáticos.
5. Roteiros metodológicos para professores do ensino básico para uso das ferramentas ecopedagógicas produzidas no projeto.

ATIVIDADE 6.6.3. *Sentinelas das Águas (formação e ação) e Espaços Interativos*

Coordenador: Carmem Regina Correia

OBJETIVOS

1. Promover a conservação das bacias hidrográficas, o treinamento de cidadãos que trabalharão obtendo a percepção da preservação da bacia hidrográfica e de sua paisagem. Através da metodologia da Pesquisa-Ação-Transversal, será possível construir com as comunidades envolvidas os temas relevantes para o

empoderamento dos cidadãos como "Sentinelas das Águas" (Palavizini, 2012). A adequação dessa metodologia é para se atingir o objetivo de construir a sustentabilidade necessária entre as comunidades humanas e o meio ambiente, dada pela transversalidade inerente aos temas de meio ambiente e água.

2. Treinamento de multiplicadores responsáveis pelo treinamento contínuo das comunidades que utilizam as bacias hidrográficas inseridas nas áreas de estudo de todos os parceiros.
3. Desenvolvimento de um programa chamado **Sentinelas das Águas** emanado dentro dos diversos setores da sociedade.
4. Formação de mão de obra na produção de espécies nativas do bioma.
5. Produção de mudas de espécies nativas para projetos de restauração ecológica e restauração ambiental nas áreas cobertas pelo projeto.
6. Incentivar o uso de espécies nativas nas plantações para fins de florestação, tanto urbana quanto rural.
7. Organização de ações integradas da comunidade, escola, sociedade civil organizada, poder público e universidades, favorecendo o protagonismo das comunidades.
8. Aplicar a ciência cidadã para o desenvolvimento do monitoramento participativo da qualidade da água nas bacias hidrográficas estudadas.

MÉTODOS

Através do diálogo com a sociedade, o conhecimento será construído e apropriado pelas comunidades, transformando-as em protagonistas na conservação e uso sustentável das bacias hidrográficas. A apropriação desse conhecimento pelas comunidades ocorrerá por meio dos multiplicadores locais treinados no projeto. Este multiplicador treinado e sensibilizado será constituído como **Sentinela das Águas**, um cidadão líder na conservação de água e recursos naturais, com base nas interações socioeconômicas da região sob sua influência. Assim, tendo a bacia hidrográfica como uma unidade territorial, será possível que os Sentinelas das Águas sejam atores importantes no gerenciamento compartilhado da água, como proposto por Wolkmer e Pimmel (2013), cumprindo assim uma das premissas da Política Nacional de Recursos Hídricos, criada em 1997.

Durante o treinamento serão utilizadas ferramentas ecopedagógicas no cidadão que será o **Sentinela das Águas**, que serão construídas em colaboração com as escolas da rede de ensino

fundamental e suas comunidades, as quais se tornarão espaços de interação e treinamento, adquirindo dinâmicas próprias adaptadas à realidade existente no tempo e no espaço de cada comunidade. O primeiro passo a ser dado será a construção de mapas mentais. Essa ferramenta permite que a comunidade reconheça sua bacia hidrográfica (Mansano, 2006), obtendo conhecimento cartográfico vinculado à história local, para que seu patrimônio ambiental e cultural possa ser evidenciado e registrado (GDF, 2016).

As ferramentas ecopedagógicas construídas que podem ser aplicadas, multiplicadas e adaptadas às realidades locais, como o modelo representativo do córrego do Cerrado em realidade aumentada, o rastreamento interpretativo usando o código QR e as escolas. Essas ferramentas foram utilizadas com sucesso nas atividades de formação e qualificação da população (ver em www.aquariparia.org).

Por meio das ferramentas pedagógicas já utilizadas, é possível abordar diferentes temas gerenciais para uma educação ambiental formal e informal e uma educação científica das comunidades envolvidas, além de treinamento de agentes multiplicadores. Os modelos representativos de um riacho são cenários lúdicos nos quais os insetos de pelúcia são uma grande atração, facilitando a apresentação de importantes temas ecológicos nas zonas ribeirinhas (Amora et al., 2015). Espera-se que os berçários escolares sejam, de fato, em berçários educativos incorporados aos Projetos Pedagógicos das Escolas, permitindo, também, a união direta de suas ações com as comunidades onde estão inseridas (MMA, 2017).

O principal referencial metodológico deste projeto é a Ciência Cidadã, que inclui o contexto do engajamento da sociedade em atividades de pesquisa, subsidiando a busca de soluções e a participação ativa na gestão ambiental. Desta forma, estão previstos a construção do diagnóstico participativo orientando os tópicos a serem abordados nos treinamentos / cursos dos **Sentinelas das Águas** e a realização do monitoramento ambiental participativo de riachos urbanos, com índices biológicos e multimétricos adaptados para aplicação por professores e alunos das escolas básicas. As ações começam com reuniões e visitas a nascentes e rios, com a presença de professores, líderes sociais e autoridades municipais. As reuniões incluirão a divulgação de dados científicos sobre a situação das bacias hidrográficas. Também estão previstos o planejamento e divulgação do local, número de vagas, período de inscrição e datas do curso de treinamento; a seleção de candidatos por meio de questionário pessoal e multidisciplinar; e uso da página eletrônica a ser confeccionada sessão específica pela TWRA (www.thetwra.org) para inserir dados coletados nas bacias hidrográficas estudadas. Essa

abordagem se apresenta como uma proposta de destaque na qual qualquer cidadão, apesar de não ter reconhecimento formal como cientista, contribui para a construção do conhecimento científico e pode participar de processos como coleta e análise e avaliação de dados. A população constituiu uma força voluntária de enorme potencial e aplicação na área de gestão de recursos hídricos, mas que ainda é afetada por controvérsias e dificuldades metodológicas. No entanto, de acordo com França et al. (2018), a confiabilidade dos dados obtidos pelos alunos do ensino básico é significativa, demonstrando o alto potencial de uso como política pública.

O modelo de viveiro escolar (ver www.aquariparia.org), implementado em escolas piloto, será utilizado para o treinamento de jovens na produção orgânica de mudas de florestas nativas e técnicas de restauração.

RESULTADOS ESPERADOS

Produção de mapas mentais nos quais as comunidades envolvidas são capazes de identificar seu patrimônio cultural, social e ambiental, para que possam identificar as alternativas para a construção da sustentabilidade. Nesse contexto, as comunidades podem ser apoiadas pela equipe do projeto no fornecimento de treinamento e capacitação.

Avaliação da paisagem e uso da terra para determinar uma estratégia de ações e contexto histórico. As zonas ribeirinhas incluídas nas bacias hidrográficas serão prioritárias e utilizadas como laboratório e em programas de restauração envolvendo comunidades e parceiros governamentais e privados. Quando as nascentes forem identificadas, se proposto um amplo programa de conservação, restauração e erradicação de espécies exóticas. Também ocorrerão o treinamento de alunos, professores e cidadãos, a implantação de creches escolares e a consolidação de creches existentes; e o treinamento de pessoas na produção de mudas de plantas nativas. Através de oficinas práticas, serão desenvolvidos princípios pedagógicos que sensibilizarão e capacitarão a comunidade escolar e extra-escolar.

PRODUTOS

1. Consolidação e produção em Viveiros Escolares.
2. Cidadãos treinados e ativos nas bacias hidrográficas estudadas, com qualificação dos **Sentinelas das Águas**, interagindo com órgãos estaduais de gestão ambiental.
3. Consolidação dos dados do monitoramento da qualidade da água (através dos **Sentinelas das Águas**), disponíveis na página eletrônica do projeto.
4. Treinamento de agentes multiplicadores em escolas e serviços públicos, dos participantes

do curso. A comunidade escolar, especialmente gestores e professores da rede pública, e os usuários rurais e indígenas dos recursos da bacia, serão gradualmente chamados para discussões e esclarecimentos sobre o processo de gestão dos comitês da bacia.

6.7. Aprimoramento de ferramentas para monitoramento, avaliação e relatórios

ATIVIDADE 6.7.1. Expedição para Avaliação da Biodiversidade

Coordenador: Ludgero Cardoso Galli Vieira

Este projeto inclui uma expedição para avaliação da biodiversidade aquática (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton, macroinvertebrados, macrófitas aquáticas e peixes) na planície de inundação do Médio rio Araguaia e principais afluentes. Além do levantamento da biodiversidade, essa atividade pretende avaliar o poder preditivo das características morfométricas dos corpos hídricos, do uso e ocupação do solo da zona ripária e dos aspectos físicos e químicos da água sobre as comunidades biológicas. Nossa equipe multidisciplinar percorrerá cerca de 2.000 km via curso principal do rio Araguaia e de seus principais afluentes (rio Água Limpa, rio Vermelho, rio do Peixe, rio Crixás, rio Cristalino e rio das Mortes), compreendendo desde o município de Aruanã-GO até a parte norte da Ilha do Bananal. Ao longo desse trecho, diversos pontos de coleta serão obtidos, compreendendo lagoas e canais tanto do rio Araguaia quanto de seus afluentes, quanto informações das regiões terrestres adjacentes. Nossa grupo de pesquisa já realizou expedições similares, sendo a última ocorrendo no ano de 2019, denominada Expedição Biguá (para mais informações, acessar o site: <https://fupunb.wixsite.com/araguaia/vivo/pesquisas>) e matérias jornalísticas sobre a Expedição Biguá:

(i) Reportagem na Revista Darcy (páginas 28 a 35) - https://issuu.com/revistadarcy/docs/darcy_21_digital?fbclid=IwAR2WkiapuGgp2UxrnPuh-awD7bQ1ZfUX-W0jypVhbI4dSp6Nr3GX7TLg5n e (ii) Video no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=9VJo3FQ1qo0>).

OBJETIVOS

1. Levantamento da biodiversidade das comunidades aquáticas na bacia hidrográfica do rio Araguaia;

2. Avaliar a importância relativa dos componentes ambientais locais, da paisagem (uso e ocupação do solo) e da distância espacial (processos dispersivos) na estruturação das comunidades biológicas;
3. Avaliar se os diferentes grupos biológicos estudados respondem da mesma forma aos impactos Ambientais;
4. Avaliar o conjunto mínimo de bioindicadores necessários para o diagnóstico da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Araguaia;
5. Avaliar como alterações no uso do solo podem influenciar na qualidade das águas;
6. Avaliar a contribuição da região do médio rio Araguaia para o ciclo global do mercúrio (Hg).

MÉTODOS

Cerca de 100 lagos serão estudados em um trecho da bacia hidrográfica do rio Araguaia com cerca de 2.000 km via curso principal do rio Araguaia e de seus principais afluentes (rio Água Limpa, rio Vermelho, rio do Peixe, rio Crixás, rio Cristalino e rio das Mortes). Para tanto, o deslocamento será realizado por meio de um barco hotel para o deslocamento no canal principal do rio Araguaia e de dois barcos de seis metros para deslocamento até os lagos e dentro dos afluentes. Em cada lago serão amostrados variáveis físicas e químicas da água, concentrações de mercúrio, comunidades biológicas aquáticas (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton, macroinvertebrados, macrófitas aquáticas e peixes) e avaliado o uso e ocupação do solo no entorno de cada lago.

METAS

1. Realização da viagem de coleta durante a estação chuvosa e amostragem de todas as variáveis ambientais e biológicas;
2. Quantificação laboratorial de variáveis ambientais;
3. Identificação taxonômica das comunidades biológicas;
4. Produção de um modelo de monitoramento ambiental para a bacia hidrográfica do rio Araguaia que permita a otimização do uso de bioindicadores.

ATIVIDADE 6.7.2. Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos

Coordenador: Camila Campos

A tentativa de medir a ‘saúde dos rios’ levou ao desenvolvimento de uma série de métricas e índices que, analisados em conjunto, levariam a um entendimento das condições ecológicas do rio (Karr e Chu, 2006). As análises da ‘saúde do rio’ podem incluir aspectos físicos, químicos, biológicos, morfológicos e hidrológicos, mas como a biota é o ponto final da série de eventos de um rio e seu entorno, ela tem sido considerada o principal indicador das condições do rio (Karr, 2006). Assim, diversos protocolos de avaliação da saúde do rio (ex. European Directive Framework, 2000; EPA, 2016; Health Land and Water, 2017) com base na composição de uma ou mais comunidades biológicas passaram a ser utilizados nos programas de manejo, seguindo os pioneiros RIVPACS (Wright, 1995) e IBI (Index of Biotic Integrity; Karr, 1999). Estudos que investigam os processos ecológicos (ex. produção primária), essenciais para manter o equilíbrio do ecossistema aquático e dos serviços ecológicos, também demonstraram a importância de serem considerados na avaliação da saúde do rio (von Schiller et al, 2008).

Os aspectos políticos, sociais e econômicos também não podem ser dissociados da ideia de saúde do rio (Fairweather, 1999), embora muitas vezes seja um desafio conciliar “hard science” e “soft science”, que refletem, respectivamente, os desejos dos cientistas e políticos (Chapmann, 1992). Considerando os valores definidos pela sociedade em relação à água, os usos e a relação histórica da comunidade com os rios de sua região são essenciais não só para definir estratégias e metas de gestão, mas também para o próprio engajamento da comunidade no processo de monitoramento e monitoramento, preservação / recuperação.

Historicamente, a relação ‘sociedade x água’ no Brasil passou por algumas mudanças ao longo dos anos. A Constituição Federal Brasileira estabeleceu em seu artigo 225 que “*todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, ..., impondo ao Poder Público e à comunidade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras*” (BRASIL, 1988). A Lei das Águas, promulgada em 1997 (BRASIL, 1997), introduziu os instrumentos necessários para a gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil e, em relação ao monitoramento da qualidade da água, refere-se ao Enquadramento dos Corpos Hídricos por Classes de Uso. Uma normativa do Conselho Ambiental (CONAMA nº357 / 2005) estabeleceu, para água doce, 5 classes de uso - especial (0), 1, 2, 3 e 4 - e para cada uma a referência e valores para mais de 200 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade da água. A qualidade da água aceita para cada classe piora da classe especial para a classe 4 (Figura 14). Para a classe 4 praticamente não há limites em

relação aos parâmetros de avaliação. A definição das classes de rios deve ser proposta pelo Comitê de Bacias Hidrográficas e ser baseada nos usos pretendidos dos recursos hídricos (ex. abastecimento humano, preservação da vida aquática, navegação). Da classe 'especial' até a classe 2, está prevista a utilização para "proteção das comunidades aquáticas". Na classe 4 os rios são designados apenas para navegação e composição paisagística. Embora a legislação estabeleça que "*a qualidade dos ambientes aquáticos pode ser avaliada por indicadores biológicos, quando for o caso, utilizando organismos aquáticos e / ou comunidades*", não há orientação sobre como fazê-lo e quais parâmetros devem ser considerados.

Apesar da lacuna de orientações e protocolos, alguns estados brasileiros vêm realizando monitoramento biológico, principalmente com foco na comunidade de macroinvertebrados, como é o caso do estado de São Paulo (CETESB, 2006) e uma su-bacia hidrográfica específica (Rio das Velhas; Bacia do São Francisco) em Minas Gerais (IGAM, 2019).

Water quality	Priority uses	Classe of use				
		0	1	2	3	4
Excellent	Preservation of the natural balance of aquatic communities	mandatory class in fully protected conservation areas				
	Protection of aquatic biological assemblages					
	Primary contact recreation					
	Aquaculture					
	Human supply					
	Secondary contact recreation					
	Fishing					
	Irrigation					
	Animal watering					
	Navigation					
	Landscape harmony					
Bad						

0 mandatory class in fully protected conservation areas
1 mandatory class in indigenous area
2 After simplified treatment
3 After conventional treatment
4 After conventional or advanced treatment

0 After desinfection
1 raw-eaten vegetables and fruits that grow close to the ground and that are eaten raw without peeling
2 vegetables, fruit farm, parks, gardens, sports and leisure fields, with which the public may come into direct contact
3 tree, cereal and forage crops

Figura 14. Quadro atual de classes de corpos d'água, respectivos usos e qualidade da água (adaptado de www.portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento).

A diversidade de condições naturais e antrópicas nos contextos em que os rios estão inseridos em níveis local e nacional implica em diferentes soluções para o monitoramento da saúde dos ecossistemas aquáticos. As pressões exercidas sobre os corpos d'água são as mais diversas possíveis, assim como as respostas das variáveis abióticas e bióticas. Assim, é natural que surjam diferentes alternativas para avaliar as condições ambientais em cada situação. Estudos sobre indicadores biológicos potenciais surgem quase que diariamente, considerando diferentes tempos e escalas

espaciais, grupos taxonômicos e ecorregiões. Assim, a aplicação dessas descobertas em programas de monitoramento torna-se complexa e desafiadora se não houver uma estrutura de orientação (Pinto e Maheshwari, 2014).

Considerando a ausência de uma estrutura de avaliação da saúde dos rios e o modelo atual adotado para classificação de corpos d'água no Brasil, os dois principais objetivos deste trabalho são: 1) delinear uma metodologia para avaliação da saúde de rios / riachos; 2) propor uma metodologia de avaliação da adequação do rio / riacho em relação às suas respectivas classes de uso, incluindo os aspectos biológicos atualmente negligenciados pela maioria dos programas de monitoramento; 3) propor um arcabouço que contemple ambas as abordagens (saúde do rio e adequação à classe de uso) para apoiar as decisões de manejo em questões de bacias e cursos d'água.

OBJETIVOS

- 1- Desenvolver modelos robustos para avaliar e prever a saúde do ecossistema aquático em resposta à mudança no uso da terra ou no clima, especialmente em regiões onde os dados e a capacidade técnica são limitados.
- 2- Identificar potenciais indicadores de saúde de rio para a área de estudo;
- 3- Obter modelos robustos de distribuição de espécies aquáticas, processos ecológicos e qualidade da água em função de variáveis ambientais e de distúrbios antrópicos;
- 4- Identificar potenciais *thresholds* em relação aos principais agentes estressores;
- 5- Delinear um *framework* de avaliação de saúde de rios adequado à realidade da bacia.

MÉTODOS

Levantamento de dados sobre a bacia de estudo junto a órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos, e pesquisa bibliográfica para identificação de informações disponíveis, lacunas e locais já monitorados. Construção de um banco de dados com os dados disponíveis. Definição e caracterização dos locais de estudo abrangendo um gradiente de impactos humanos, do mais preservado ao mais perturbado. A seleção dos locais será validada durante uma primeira visita de campo, cobrindo as principais áreas da bacia piloto da área de estudo. Cada local será caracterizado por atributos medidos em campo, por dados cartográficos e por meio de informações georreferenciadas (utilização do software de geoprocessamento ArcGIS / ArcHidro - usando bancos de dados espaciais oficiais). Definição das áreas de drenagem de cada local para caracterização do

uso do solo a montante e da zona ripária (software ArcGis). Georreferenciamento dos principais agentes estressores da bacia, além da alteração do uso do solo já identificada no passo anterior (ex. de lançamentos de esgoto, barragens, rodovias, etc).

Desenho experimental de campo:

Será realizada uma campanha de campo para coleta de dados no primeiro ano, durante a estação seca, seguindo os seguintes procedimentos: 1 - implantação de *litterbags* (malha grossa e fina) para medir a taxa de decomposição da matéria orgânica; 2 - implantação de substratos artificiais (pedras ardósias) para medir a produção primária e obter a comunidade de diatomáceas do perifítion; 3 - coleta de amostras de água para medir parâmetros físicos e químicos; 4 - medição da vazão; 5 - coleta de invertebrados bentônicos (utilizando amostrador *Surber*; malha 0,250 mm); 6 – coleta de peixes; 7 - medição da taxa de respiração do sedimentos. É possível que mais parâmetros sejam considerados. Em uma segunda rodada de campo, cerca de um mês após a primeira, serão retirados *litterbags* e coletadas as ardósias. Também serão medidos novamente os parâmetros físicos e químicos e a vazão.

Definição e caracterização dos locais de "referência" e "impactados": Os locais de referência estarão localizados em bacias hidrográficas onde o uso dominante da terra inclui áreas preservadas, naturais ou o mais próximo possível da vegetação natural. Será dado prioridade às áreas de unidades de conservação, como parques, reservas e estações ecológicas. Os locais impactados serão localizados em áreas que apresentem diferentes tipos de impactos antropogênicos, tais como: mineração, agricultura intensiva, disposição de esgoto e urbanização. Além disso, os locais impactados serão priorizados, preparando um programa de avaliação para uma série histórica nas próximas décadas disponibilizando séries de dados físicos e químicos sobre a qualidade da água. A seleção dos locais será validada durante as visitas de campo, cobrindo as principais áreas da bacia piloto da área de estudo. Nessas visitas, serão selecionados os números máximos de sites de referência e sites de impacto / teste. Cada local "referência" e "impactado" será caracterizado por atributos medidos em campo, dados cartográficos e o software de geoprocessamento ArcGIS / ArcHidro (usando bancos de dados espaciais oficiais). Ademais, estes locais de "referência" e "impactados" também serão estudados a partir de uma abordagem paleoecológica/paleolimnológica, o que permitirá definir a trajetória de desenvolvimento dos ecossistemas estudados, permitindo, inclusive, definir os *tipping points* dos ecossistemas bem como as condições anteriores à presença humana na bacia.

Análises laboratoriais

Coleta de amostras de água para medir cátions, ânions e metais por Cromatografia Iônica em Cromatógrafo Marca Methron e a análise de e-DNA. O sedimento coletado será utilizado para análise granulométrica e em estudos paleoecológicos/paleolimnológicos.

Análises estatísticas

Serão realizadas análises multivariadas (PCA, NMDS) para identificação dos principais agentes norteadores da distribuição das espécies de diatomáceas e macroinvertebrados; análise thresholds para taxa indicadores (TITAN); construção de modelos do tipo *Boosted Regression Tree* (BRT) para observação do comportamento das métricas ecológicas em relação aos principais *drivers* ambientais e de distúrbios humanos.

Desenvolvimento de Modelos

Além da análise dos dados observados nos modelos BRT, o mesmo também será utilizado para validação em relação ao seu potencial preditivo. Assim, serão detectados os melhores modelos para previsão de alterações ecológicas em resposta aos estressores. Será também desenvolvido um modelo e framework para verificação da saúde dos rios e adequação às classes de enquadramento, com foco na integridade ecológica, utilizando modelos PCR (Pression, Condition, Response), lógica *fuzzy*, e grau de harmonia.

Com base nos resultados obtidos, será delineado tópicos para um plano de monitoramento da bacia hidrográfica piloto, visando a aproximação das condições de integridade ecológica de referência, contendo: a) Locais de referência; b) Grupos de referência (tipologias); c) Valores ou padrões de referência para todos os parâmetros sugeridos; d) Periodicidade da amostragem; e) Metodologia para obtenção dos dados necessários; f) Protocolo para a aplicação dos modelos; g) Locais prioritários para restauração (com base nos pontos "impactados" avaliados); h) Custo do monitoramento.

Modelagem paleoecológica: para o desenvolvimento das funções de transferência, amostras de sedimentos superficiais dos sistemas aquáticos regionais (lagoas marginais e rios) serão coletadas em dois momentos do ano para a análise de diatomáceas, eDNA (Ficetola et al., 2019) e dados ambientais (variáveis físico-químicas) para a construção do conjunto de calibração. A análise das

diatomáceas seguirá os procedimentos descritos em Battarbee (2001), incluindo a oxidação dos sedimentos com água oxigenada a 30 vol, e posterior confecção das lâminas permanentes para diatomáceas com a resina Naphrax. A identificação das espécies seguirá a bibliografia especializada. As valvas serão contadas ao longo de transectos (3), com pelo menos 400 (quatrocentas) valvas por amostra. A identificação e contagem serão realizadas usando um microscópio Olympus CX51 com aumento de 1000 ×. Para escolher entre as técnicas numéricas lineares ou unimodais, ambos os conjuntos de dados serão primeiro analisados por uma análise de correspondência sem tendência (DCA) para estimar os comprimentos dos gradientes compositionais. O modo específico de resposta das comunidades de diatomáceas ao longo dos gradientes serão avaliados usando uma análise de correspondência canônica destendida (DCCA), na qual os dados das espécies serão restritos à(as) variáveis de interesse (Gomes et al., 2014). As funções de transferência para prever a(s) variáveis significativas serão desenvolvidas usando várias técnicas numéricas, incluindo média ponderada simples (WA) com regressões clássicas e inversas, mínimos quadrados parciais de média ponderada (WA-PLS), mínimos quadrados parciais lineares (PLS), Técnica do Análogo Moderno (MAT) e Máxima Verossimilhança (ML). O desempenho estatístico das funções de transferência será avaliado em termos do coeficiente de determinação (r^2) entre os valores observados e inferidos, a raiz quadrada média do erro (RMSE) (observado-inferido) e RMSE de predição (RMSEP) (Juggins e Birks, 2012). Todas as análises de ordenação e calibração serão implementadas usando o “R”.

RESULTADOS ESPERADOS

- 1- Banco de dados robusto contendo dados ecológicos (físicos, químicos e biológicos) dos corpos hídricos bem como características naturais das bacias e principais agentes estressores;
- 2- Lista de potenciais indicadores de saúde de rio para a bacia de estudo;
- 3- Thresholds para qualidade da água, uso do solo e outros agentes estressores detectados no estudo;
- 4- Framework para avaliação da saúde dos rios e verificação da adequação ao enquadramento;
- 5- Orientações para o desenvolvimento de um plano de monitoramento da bacia para ser aplicado a longo prazo.

CRONOGRAMA ESPECÍFICO

Ano 1: Piloto

- Mês 1: Levantamento dos dados disponíveis e revisão bibliográfica;
 - Mês 2: Programação e organização da logística de campo;
 - Mês 3: Primeira visita de campo para definição *in loco* dos locais de amostragem e levantamento de dados de campo;
 - Mês 4: Processamento de amostras e análise de dados
 - Mês 5: Segunda visita de campo para coleta de amostras e incubação dos *litterbags* (decomposição) e substratos artificiais (clorofila e diatomáceas)
 - Mês 6: Processamento de amostras e análise de dados
 - Mês 7: Terceira visita de campo para coleta de amostras e retirada dos *litterbags* e substratos artificiais;
 - Mês 8: Processamento de amostras e análise de dados
 - Mês 9: Processamento de amostras e análise de dados
 - Mês 10: Desenvolvimento dos modelos
 - Mês 11: Desenvolvimento dos modelos
 - Mês 12: Elaboração da proposta de framework e plano de monitoramento da bacia.
- Ano 2 em diante:
- Avaliação constante do plano inicial;
 - Nova coleta nos mesmos períodos para aumento da robustez e confiabilidade dos modelos propostos;
 - Redefinição dos pontos de amostragem, se necessário.

7. Planejamento do projeto

Este projeto está planejado para 1 ano conforme solicitado em edital, no entanto, este planejamento pode ser replicado e ajustado conforme o andamento deste projeto se tornando em um Programa de desenvolvimento ambiental sustentável para a Bacia do Tocantins-Araguaia. Porém, independentemente do andamento dessas negociações, cabe destacar que todas as atividades previstas para o projeto aqui apresentado visam ser adequadamente replicadas para os anos seguintes propostos. Inclusive o projeto foi concebido dentro de uma perspectiva de gestão de decréscimo financeiro entre 10% a 30% para operar nos 2º, 3º e 4º anos. Isso se deve ao fato de que várias atividades são feitas de forma pontual ou descontinuada durante o projeto, de acordo com os objetivos colocados, o que acarreta no longo prazo a possibilidade de recursos econômicos menores e mais específicos serem empregados, sem perda da qualidade do projeto em si.

Assim, a partir dos 7 desafios temáticos propostos pela TWRA em sua estrutura operacional tanto em termos de tecnologias e/ou metodologias inovadoras e ações políticas institucionais (Tabela 3) adiante faz uma relação entre as atividades de destaque para ações previstas para os 12 primeiros meses relativos aos anos de 2021-2022. Vale salientar que o principal resultado a ser realizado será o de propor e discutir protocolos de ação de médio-longo prazos de acordo com os preceitos tanto do projeto proposto quanto da TWRA enquanto organização executora do mesmo.

Vale ressaltar mais uma vez que a partir dessas atividades principais várias outras ações institucionais e de campo foram consideradas, no sentido de dotar o projeto da capacidade de ser bem realizado seja em termos de pesquisa como de ensino e extensão, uma vez que haverá um rol de atividades de campo como também de capacitação técnica nas sete temáticas estabelecidas pela TWRA para atuar. Mesmo que cada Tema-Chave possua um orçamento e objetivos próprios e estabelecidos, como é demonstrado posteriormente, todo o projeto foi feito de maneira a possibilitar a interação entre as equipes para a geração dos melhores resultados possíveis tanto para os primeiros 12 meses de atuação como para os eventuais 36 meses posteriores a tal.

Tabela 3: Planejamento global das atividades do projeto.

Principais atividades do planejamento proposto para os 12 primeiros meses (2021-2022)	
ITEM	ATIVIDADE PREVISTA
1.	Produção científica de cada Tema-Chave/Linhas temáticas
2.	Criação de acordos institucionais (municipal, estadual, federal, internacional)
3.	Visitas de campo na região do projeto-piloto
4.	Geração e gestão de produtos e/ou serviços ambientais
5.	Capacitação de instituições e organizações parceiras
6.	Formação cidadã das comunidades direta e indiretamente envolvidas no projeto
7.	Reuniões e intercâmbios de docentes e discentes brasileiros e australianos
8.	Realização de workshops científicos sobre os temas pesquisados
9.	Realização de relatórios técnicos para embasamento de políticas públicas
10.	Aprimoramento de ferramentas para monitoramento e avaliação socioambiental
11.	Desenvolvimento e aplicação de ferramentas de modelagem e previsões hídricas
12.	Realização de pesquisa de campo para análise de governança e políticas públicas
13.	Construção de banco de imagens e sons da região e do projeto TWRA/MDR
14.	Preparação de banco de dados digital sobre biomas e condições ecológicas
15.	Preparação de material didático e plano de comunicação detalhados

8. Orçamento

A TWRA que é uma associação de pesquisadores brasileiros, em grande parte de professores/pesquisadores universitários possui uma alta capacidade instalada, organiza e em rede pelo Brasil. Assim, as necessidades maiores deste orçamento são com pessoal para as atividades de execução do trabalho proposto, materiais/consumíveis, despesas operacionais e aluguel de veículo para a atividade de campo. O orçamento está preparado para o custo anual, sobretudo o primeiro ano, onde o custo com algumas atividades tende ser menores nos anos subsequentes. Para uma previsão orçamentária com o pouco tempo de abertura deste edital, decidimos focar no primeiro ano e propor uma redução por ano de projeto do orçamento global em 10% até o teto de alcançar 30% a menos do custo do primeiro ano.

Tabela 4: Valores globais de gastos para o primeiro ano de implantação do projeto pela TWRA.

Natureza da Despesa	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	TOTAL
	1-3 mês	4-6 mês	7-9 mês	10-12 mês	
Materiais e Reagentes	264.145,05	264.145,05	264.145,05	264.145,05	1.056.580,21
Serviços e Salários	714.897,50	714.897,50	714.897,50	714.897,50	2.859.590,00
Passagens	29.813,63	29.813,63	29.813,63	29.813,63	119.254,52
Diárias	86.400,00	86.400,00	86.400,00	86.400,00	345.600,00
Subtotal	1.095.256,18	1.095.256,18	1.095.256,18	1.095.256,18	
Total					4.381.024,73

Tabela 5: Tabela de materiais e reagentes necessários para a realização do primeiro ano de implantação e execução do projeto pela TWRA.

ATIVIDADE/OBJETIVO		Especificação (materiais e reagentes)	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)	Data Início (mês do projeto)	Data Término (mês do projeto)
Atividade 6.2.1							
	Objetivo 2, 3,	Material geral de campo (prensa, prancheta, tesoura, barbante, fita, estacas de ferro etc.	2.790,00	1,00	2.790,00	1	12
	Objetivo 2,3	Binóculo Profissional Colimado 30-260x160	900,00	1,00	900,00	1	12
	Objetivo 2, 3	Aparelhos energizadores para cerca elétrica com alcance de 60km, com suas respectivas placas solares (6 unidades)	15.900,00	1,00	15.900,00	1	12

	Objetivo 1,2,3	Datalogger (Colecionador de dados CR1000 16 S e ou 8 DIF -25C A 55C 4MB garantia 3 anos Campbell)	9.230,46	1,00	9.230,46	1	12
	Objetivo 2,3	Estacas de eucalipto tratado de 3,5m e 15 a 18 cm de diâmetro (30 unidades)	1.350,00	2,00	2.700,00	1	12
	Objetivo 2,3	Bobs para cerca (200 unidades)	1.110,00	2,00	2.220,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Sacos papel para proteção de frutos (1000 unidades)	90,00	3,00	270,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Sacos para colheita de frutos (1000 unidades)	96,00	3,00	288,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Fitilho para condução de plantas (rolo) (2 rolos)	120,00	3,00	360,00	1	12
	Objetivos 1, 2, 3	Material para escritório [Cartuchos para impressora HP-LaserJet (amarelo, azul, preto, margenta), papel A4, caneta à prova d'água, etc]	3.120,00	1,00	3.120,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Estacas de eucalipto tratado de 2,5 m de comprimento por 0,12 a 0,14 m de diâmetro (3,7 Km de cerca distância entre estacas 5 m) (720 unidades)	8.640,00	1,00	8.640,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Tubos PVC (300 metros) (250 unidades)	2.300,00	1,00	2.300,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Mourões de eucalipto tratado de 3,2 m de comprimento por 0,17 m de diâmetro (60 unidades)	3.840,00	2,00	7.680,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Rolos de cabo subterrâneo de 2,1 mm para cerca elétrica, rolo de 25 metros (20)	400,00	3,00	1.200,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Rolos de tubo isolador de 3/8 polegadas, para cerca elétrica, rolos de 50 metros (12)	1.500,00	3,00	4.500,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Porteiras isolante com mola externa com punho preto de 5 metros (40 unidades)	1.480,00	2,00	2.960,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Unidades de batente terminal isolador para porteira eletrificada (100 unidades)	1.000,00	2,00	2.000,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Baterias de 70 Amperes, 12 volts (8 unidades)	6.320,00	1,00	6.320,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Mudas (mudas de <i>Passiflora setacea</i> e <i>P.</i>	2.880,00	3,00	8.640,00	1	12

		<i>cincinnata</i>) (480 unidades)					
	Objetivo 2,3,4,	Mudas bananeira (50 unidades)	750,00	3,00	2.250,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Mudas de espécies nativas (2.400)	24.000,00	1,00	24.000,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Análise do solo	9.000,0	1,0	9.000,0	1	12
	Objetivo 23	Combustível (2500)	12.500,00	1,00	12.500,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Penetrômetro de Impacto	6.000,00	1,00	6.000,00	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Combo Câmera SL3 reembalada com Lente EF-S 60mm e Flash Macro e Tripé	13.070,0	1,0	13.070,0	1	12
	Objetivo 1,2,3,4,	Notebook Dell Alienware Area-51m R2 51MR2-A10B 17,3" FHD 10ª Geração Intel Core i7 16GB 512GB SSD RTX 2060 Windows 10	5.000,0	3,0	15.000,0	1	12
	Objetivo 1,2,3,4,	Computador Desktop Dell XPS 8940-A40M 10ª Intel Core i7 16GB 256GB SSD + 1TB HD RTX 2060 Win 10 Preto com Monitor 24,5"	8.000,0	2,0	16.000,0	1	12
	Objetivo 1,2,3,4,	GPS Portátil Garmin GPSMAP 64csx	6.548,8	1,0	6.548,8	1	12
	Objetivo 1,2,3,4,	Impressora Multifuncional Epson L6161	2.500,0	2,0	5.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Microscópio de Polarização com Iluminação Transmitida	19.700,0	1,0	19.700,0	1	12
	Objetivo 2,3,4,	Estereomicroscópio Trinocular bioptika Led	4.300,0	1,0	4.300,0	1	12
	Objetivo 2,3	Viveiro 25m	21.000,0	1,0	21.000,0	1	12
	Objetivo 2,3	Estufa de secagem	5.000,0	2,0	10.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Drone DJI Inspire 2	26.999,0	1,0	26.999,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Vant de asa rotativa com sistema imageador Vis/IR	25.000,0	1,0	25.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Câmera para VANT (VIS/IR)	18.000,0	1,0	18.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Microcontrolador PIC/ARM	3.250,0	1,0	3.250,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Vant asa fixa	9.000,0	1,0	9.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Acessórios para drone (motores, hélices, ESCs, chaves, conectores, links, hardwares diversos)	4.000,0	2,0	8.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Antenas para drone (recepção/transmissão)	880,0	2,0	1.760,0	1	12

	Objetivo 2,3,4	Carregador de baterias (LIPO/LIFE/Pb/NiCd/NiMH) quádruplo	16.000,0	2,0	32.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Baterias LITIO-POLÍMERO	9.200,0	2,0	18.400,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sistema FPV com sistema diversity Long Range	8.000,0	2,0	16.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Nanocomputador Raspberry ou similar	3.800,0	2,0	7.600,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor de monóxido de carbono	2.500,0	2,0	5.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor material particulado	2.200,0	1,0	2.200,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor SOx	2.950,0	2,0	5.900,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor NOx	2.700,0	2,0	5.400,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Eletrodo pH	500,0	2,0	1.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Módulo GPS	2.500,0	2,0	5.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Shield de sensores (temperatura, pressão, acelerômetro, giroscópio)	2.800,0	2,0	5.600,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor ultravioleta	1.500,0	2,0	3.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Ventoinha (micro ventilador) com rolamento	980,0	2,0	1.960,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Componentes eletrônicos diversos (transistores, Cis, reguladores, placas PCI. Chaves, conectores, suportes, cabos, sistemas passivos)	8.000,0	1,0	8.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Caixa Patola	800,0	2,0	1.600,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Multímetro digital (tensão, corrente, indutância, capacitância, resistencia)	1.100,0	2,0	2.200,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Fonte de voltagem simétrica regulável (5A)	2.800,0	2,0	5.600,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Osciloscópio digital colorido duplo traço	3.200,0	2,0	6.400,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Anemômetro de campo	1.000,0	2,0	2.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Sensor infravermelho termal	4.000,0	2,0	8.000,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Microscópio Binocular com adaptador fotográfico	7.200,0	1,0	7.200,0	1	12
	Objetivo 2,3,4	Montagem de drone	5.500,0	1,0	5.500,0	1	12

R\$
Sub-total (R\$) 493.956,21

Atividade 6.2.3							
	Objetivo 1	cartuchos de impressoara colorido	159	6	954,0	1	12

	Objetivo 1	resmas de papel A4	60	4	240,0	1	12
	Objetivo 1	pilhas e baterias para drone	100	1	100,0	3	6
	Objetivo 1	Imagens de satélite	2000	1	2.000,0	2	5
Sub-total (R\$)		R\$ 3.294,00					
Atividade 6.2.4							
	Objetivo 1, 2, 3, 4	pacote sacos plásticos de 100 L	30,00	20,00	600,00	6	12
	Objetivo 1, 2, 3, 4	30m de malha de 1mm	1.000,00	1,00	1.000,00	6	12
	Objetivo 1, 2, 3, 5	500 m de corda sintética	200,00	1,00	200,00	6	12
	Objetivo 1, 2, 3, 6	cartuchos de impressoara colorido	159	6	954,00	6	12
	Objetivo 1	baldes plasticos	5	100	500,00	1	12
	Objetivo 1	10 rolos de 50 metros de corda para amarrar carga	1000	1	1.000,00	1	12
	Objetivo 1	100 metros Tela Plastica Nortene Viveiro 10 mm Preto	900	1	900,00	1	12
	Objetivo 1	20 kg Saco De Papel Pardo Kraft	900	1	900,00	1	12
	Objetivo 1	10 kilos de saco transparente: bobina picotada	760	1	760,00	1	12
	Objetivo 1	1000 marmitech de aluminio	1000	1	1.000,00	1	12
	Objetivo 1	10 caixas termicas de 30 litros	800	1	800,00	1	12
	Objetivo 1	100 rolos de papel aluminio	400	1	400,00	1	12
	Objetivo 1	3000 litros de gasolina	15000	1	15.000,00	1	12
	Objetivo 3	Toner para impressora a laser preto	150,00	3	450,00	1	12
	Objetivo 3	3 Agulha de mão para costura/correte (nº 6)/envelope com 20 unidades	60,00	1	60,00	1	12
	Objetivo 3	10 Cordão de algodão nº 8 com 100 m (peça)	180,00	1	180,00	1	12
	Objetivo 3	5 Etiqueta ink-jet/laser Carta 12,7mm x44,45 mm	300,00	1	300,00	1	12
	Objetivo 3	5 Etiqueta ink-jet/laser Carta 25,4mm x66,7 mm	300,00	1	300,00	1	12
	Objetivo 3	20 Fita adesiva marrom polip.48mmx40m	300,00	1	300,00	1	12
	Objetivo 3	20 Fita adesiva durex transparente 12 mm x 40 m	300,00	1	300,00	1	12
	Objetivo 3	10 Linha corrente no. 24 (para pipa)/ caixa com 12 unid	250,00	1	250,00	1	12
	Objetivo 3	5 Papel americano rosa (bobina)	500,00	1	500,00	1	12

	Objetivo 3	2000 Papel de seda branco	500,00	1	500,00	1	12
	Objetivo 3	3 Rolo de papel Kraft (100 m) brilhante	600,00	1	600,00	1	12
	Objetivo 3	4600 PAPEL AMERICANO AMARELO 30X60 S/IMPRESSAO , formato 30,0 x 60,0 cm PAPEL AMARELO	1.030,00	3	3.090,00	1	12
	Objetivo 3	4000 CARTOLINA ALTA ALVURA 30X42 S/IMPRESSAO , formato 30,0 x 42,0 cm Laminas em papel Triplex 380 g , 0x0 cores.	3.250,00	1	3.250,00	1	12
	Objetivo 3	1000 Saco plástico transparente especial	1.000,00	1	1.000,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3, 4	resmas de papel A4	12,00	10	120,00	6	12
1	Sub-total (R\$)		R\$ 35.214,00				
Atividade 6.4.2							
	Objetivo 1	Lisímetro	35.000,00	1,00	35.000,00	1	12
	Objetivo 2	pluviômetro + encargos importação (50%)	600,00	5,00	3.000,00	1	12
	Objetivo 3	linígrafo (transdutor de pressão)	7.800,00	3,00	23.400,00	1	12
	Objetivo 4	mão de obra instação	3.000,00	2,00	6.000,00	1	12
	Objetivo 5	notebook coleta informações	4.800,00	2,00	9.600,00	1	12
1	Sub-total (R\$)		R\$ 77.000,00				
Atividade 6.5.1							
	Objetivo 2	10 caixas de Membranas em Ester celulose	5000,00	1,00	5.000,00	1	12
	Objetivo 2	reagentes químicos e meios de cultura	12000,00	1,00	12.000,00	1	12
	Objetivo 2	30 caixas de Placas de petri estéreis e descartáveis	7000,00	1,00	7.000,00	1	12
	Objetivo 2	vidrarias para inserção da coleção de fungos no herbário e invertebrados no museu	15000,00	1,00	15.000,00	1	12
	Objetivo 2	alcool 75%L	10,00	100,00	1.000,00	1	12
	Objetivo 2	material de escritório	2000,00	1,00	2.000,00	1	12
	Objetivo 2	100 sacos de malha fina	1200,00	1,00	1.200,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Material de Papelaria	1000,00	1,00	1.000,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Álcool etílico comercial 96° L	500,00	1,00	500,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Material Segurança (Luvas, Botas, Perneiras)	2000,00	1,00	2.000,00	1	12

	Objetivos 1, 2	Vidrarias e reagentes	15000,00	1,00	15.000,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Vasilhames plásticos	2000,00	1,00	2.000,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Sacos Plásticos	1,50	250,00	375,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Filtros	5000,00	1,00	5.000,00	1	12
	Objetivos 1, 2	Malhas para Litter Bags	2000,00	1,00	2.000,00	1	12

1 **Sub-total (R\$)** R\$ 71.075,00

Atividade 6.6.1							
	Objetivo 1, 2, 3,	Projetor Epson Powerlite X39 XGA 1024x768 - 3500 Lumens 3LCD HDMI USB	3.600,00	1,00	3.600,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	Notebook Dell Nosso Vostro 15v3000 Processador Intel® Core™ i3 - 10ª Geração, Windows 10 Home Tela HD de 15.6" SSD de 256GB Memória de 4GB	3.299,0	1,00	3.299,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	2 ESTEREOMICROSCÓPIO TRINOCULAR BIOPTIKA LED	4.300,0	2,00	8.600,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	resmas de papel A4	12,0	4,00	48,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	10 cartuchos de impressoara colorido	1.000,0	1,00	1.000,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	Material de papelaria para artes (cartolina, massa de modelar, tinta etc.)	1.500,0	1,00	1.500,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	<u>iPhone 12 mini Apple</u> <u>Azul, 64GB</u> <u>Desbloqueado -</u> <u>MGE13BZ/A</u>	5.400,00	1,00	5.400,00	1	12

1 **Sub-total (R\$)** R\$ 23.447,00

Atividade 6.6.2							
	Objetivo 2, 3,	cartuchos de impressoara colorido	150	6,00	900,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	resmas de papel A4	12,0	4,00	48,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	Mudas de plantas diversas	2000	1,00	2.000,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	50 sacos de terra adubada	3000	1,00	3.000,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	Sistema de bomba para aquário	300	1,00	300,00	1	12
	Objetivo 1, 2, 3,	3 Aquários	400	1,00	400,00	1	12
	Objetivo 2, 3,	tubetes para mudas	10000	1,00	10.000,00	6	12
	Objetivo 2, 3,	bandejas para tubetes	3000	1,00	3.000,00	6	12
	Objetivo 2, 3,	substrato para mudas	2000	1,00	2.000,00	6	12
	Objetivo 2, 3,	impressora	2000	1,00	2.000,00	6	12
	Objetivo 2, 3,	notebook	4.000	1,00	4.000,00	6	12

	Objetivo 2, 3,	material de escritório	1000	1,00	1.000,00	6	12
	Objetivo 1, 2, 3,	Material de jardinagem (diversos)	2000	1,00	2.000,00	1	12
	Objetivo 2, 3,	HD Externo 1 Tera	450,00	1,00	450,00	1	12
	Objetivo 2, 3,	HP 14" Touchscreen Laptop - Silver (Intel Core i7-1165G7/1TB SSD/16GB RAM/Windows 10)	4.800,0	1,00	4.800,00	1	12
	Objetivo 2, 3,	Canon C100 MKII	2.500,00	1,00	2.500,00	1	12
	Objetivo 2, 3,	Tripé Canon	700,00	1,00	700,00	1	12

1 **Sub-total (R\$)** R\$ 39.098,00

Atividade 6.6.3							
	Objetivo 1	6 cartuchos de impressora colorido	600	1,00	600,00	1	12
		4 resmas de papel A4	60	1,00	60,00	1	12
	Objetivo 2	pilhas e baterias para drone	100	1,00	100,00	3	6
	Objetivo 2	Kit de análise de qualidade da água	4.000	1,00	4.000,00	6	12
	Objetivo 2	lupa	12.000,00	1,00	12.000,00	6	12
	Objetivo 2	frascos de acrílico	1.000,00	1,00	1.000,00	6	12
	Objetivo 2	Álcool 70%	12,00	50,00	600,00	6	12
	Objetivo 3	Imagens de satélite	1.000,00	2,00	2.000,00	2	5

1 **Sub-total (R\$)** R\$ 20.360,00

Atividade 6.7.1							
	Objetivo 1	combustível para barcos (barco hotel e barcos de 6 metros) e carros (9000l)	49.500,00	1,00	49.500,00	1	3
	Objetivo 1	pilhas e baterias para drone e GPS	400	3,00	1.200,00	1	3
	Objetivo 1	redes de fitoplâncton	1.000,00	1,00	1.000,00	1	3
	Objetivo 1	redes de zooplâncton	1.000,00	1,00	1.000,00	1	3
	Objetivo 1	redes de peixes	1.000,00	1,00	1.000,00	1	3
	Objetivo 1	amostradores de macroinvertebrados	1.000,00	1,00	1.000,00	1	3
	Objetivo 1	multianalizador ambiental de água Horiba	55.000,00	1,00	55.000,00	1	3
	Objetivo 2, 3,4,5	4 resmas de papel A4	60,00	1,00	60,00	3	12
	Objetivo 2, 3,4,5	3 cartuchos de impressora laser	450	1,00	450,00	3	12
	Objetivo 6	reagentes químicos para medição de mercúrio	3.000,00	2,00	6.000,00	3	12

Sub-total (R\$) R\$ 116.210,00

Atividade 6.7.2							
	Objetivo 1	Análises físico-químicas	R\$ 50.000,00	1,00	50.000,00	3	9

	Objetivo 2	Análises de comunidades biológicas	R\$ 3.000,00	1,00	3.000,00	3	9
	Objetivo 3	Tubo de pvc	R\$ 216,00	1,00	216,00	1	1
	Objetivo 4	Tubo de alumínio	R\$ 300,00	1,00	300,00	1	1
	Objetivo 5	Cabo de aço	R\$ 140,00	1,00	140,00	1	1
	Objetivo 6	Frascos do tipo Falcon	R\$ 190,00	1,00	190,00	1	1
	Objetivo 7	Sacos plásticos do tipo Zip Lock	R\$ 180,00	1,00	180,00	1	1
	Objetivo 8	Frascos	R\$ 400,00	1,00	400,00	1	1
	Objetivo 9	Reagentes	R\$ 1.500,00	1,00	1.500,00	2	3
	Objetivo 10	Vidraria	R\$ 800,00	1,00	800,00	2	3
	Objetivo 11	Naphrax	R\$ 2.200,00	1,00	2.200,00	2	3
	Objetivo 12	Escritório	R\$ 500,00	1,00	500,00	2	12
	Objetivo 3	Análises de processos ecológicos	R\$ 5.000,00	1,00	5.000,00	3	9
	Objetivo 1	Material de campo	R\$ 15.000,00	1,00	15.000,00	1	12
	Objetivo 3	Recursos de informática/escritório	R\$ 10.000,00	1,00	10.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Frascos para acondicionamento das amostras	R\$ 5.000,00	1,00	5.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Reagentes químicos (Naphrax Mountant Export 15 ml) (confecção de lâminas para identificação de algas)	R\$ 3.000,00	1,00	3.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Redes/material para pesca	R\$ 25.000,00	1,00	25.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Reagentes químicos (formol, álcool)	R\$ 5.000,00	1,00	5.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Macacão vulcanizado 100% a prova d'água	R\$ 1.500,00	1,00	1.500,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Surber	R\$ 1.000,00	1,00	1.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Combustível para coletas	R\$ 20.000,00	1,00	20.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	Motor Gerador de energia (200 w)	R\$ 7.000,00	1,00	7.000,00	1	6
	Objetivo 2, 3,	amostras de e-Dna	R\$ 20.000,00	1,00	20.000,00	1	6
Sub-total (R\$)			R\$ 176.926,00				
TOTAL			R\$ 1.056.580,21				

Tabela 6: Gastos para pagamento de pessoas físicas e jurídicas necessários para a realização do primeiro ano de implantação e execução do projeto pela TWRA.

No.	ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	Meses de trabalho	VALOR TOTAL (R\$)
Atividade 6.0.0					
Objetivo 1					
1	Coordenador geral do projeto Filmagem e documentário das atividades do projeto	1	R\$ 10.000,00	12	R\$ 120.000,00
2		1	R\$ 72.500,00	1	R\$ 72.500,00
3	Profissional Designer	1	R\$ 7.500,00	1	R\$ 7.500,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 200.000,00
Atividade 6.1.1.					
Objetivo 1					
1	Coordenador	1	R\$ 4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	auxiliares de campo e laboratório	2	R\$ 2.000,00	6	R\$ 24.000,00
3	Aluguel de carro 4x4	1	R\$ 600,00	3	R\$ 1.800,00
4	Aq. De Computadores	2	R\$ 10.000,00	1	R\$ 20.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 93.800,00
Atividade 6.2.1.					
Objetivo 1					
1	Coordenador	1	R\$ 4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Aluguel Carro Gol 1.6 (Km livre, cobertura do carro)	1	R\$ 600,00	10	R\$ 6.000,00
3	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$ 5,00	3	R\$ 2.400,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 56.400,00
Objetivo 2					
1	Aluguel Carro Gol 1.6 (Km livre, cobertura do carro)	1	R\$ 600,00	10	R\$ 6.000,00
2	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$ 5,00	3	R\$ 2.400,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 64.800,00
Atividade 6.2.1					
Objetivo 1					
1	Coordenador	1	R\$ 4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	operador de drone	1	R\$ 2.000,00	3	R\$ 6.000,00
3	auxiliares de campo e laboratório	2	R\$ 2.000,00	6	R\$ 24.000,00
4	Aluguel de carro 4x4	1	R\$ 600,00	3	R\$ 1.800,00
5	manutenção do drone e equipamentos embarcados	1	R\$ 10.000,00	1	R\$ 10.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 89.800,00
Atividade 6.2.2					
Objetivo 1					
1	Coordenador	1	R\$ 4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Pesquisador para a avaliação da fragmentação	1	R\$ 2.000,00	12	R\$ 24.000,00

3	Aluguel de workstation para as atividades do banco de dados	1	R\$	1.000,00	12	R\$ 12.000,00
Subtotal						R\$ 84.000,00
Objetivo 2						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Pesquisador de campo	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
3	Pesquisador para o banco de dados	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
4	Computador	1	R\$	10.000,00	1	R\$ 10.000,00
5	Softwares	1		R\$ 5.000,00	1	R\$ 5.000,00
Subtotal						R\$ 111.000,00
Objetivo 3						
1	p.ex. Coordenador/pessoal	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Pesquisador Elaboração dos mapas	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
3	Pesquisador para elaboração dos indices	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
4	Serviço de terceiros	1		10.000,00	1	R\$ 10.000,00
Subtotal						R\$ 106.000,00
Objetivos 4						
1	p.ex. Coordenador/pessoal	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Pesquisador para elaboração dos indices	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
3	Tradução e publicação /terceiros	5	R\$	3.000,00	1	R\$ 15.000,00
Subtotal						R\$ 87.000,00
TOTAL (R\$)						R\$ 388.000,00
Atividade 6.2.3						
Objetivo 1						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	operador de drone	1	R\$	2.000,00	3	R\$ 6.000,00
3	auxiliares de campo e laboratório	2	R\$	2.000,00	6	R\$ 24.000,00
4	Aluguel de carro 4x4	1	R\$	600,00	3	R\$ 1.800,00
5	manutenção do drone e equimanamentos embarcados	1	R\$	10.000,00	1	R\$ 10.000,00
6	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$	5,00	3	R\$ 2.400,00
Subtotal						R\$ 92.200,00
TOTAL (R\$)						R\$ 92.200,00
Atividade 6.2.4						
Objetivo 1						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Especialista em botânica	1	R\$	3.000,00	3	R\$ 9.000,00
3	auxiliares de campo e laboratório	3	R\$	2.000,00	6	R\$ 36.000,00
4	Aluguel de carro 4x4	2	R\$	600,00	6	R\$ 7.200,00
5	manutenção de equimanamentos	1	R\$	5.000,00	1	R\$ 5.000,00
6	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	800	R\$	5,00	3	R\$ 12.000,00
7	analise de ergosterol	200		50	1	10000
Subtotal						R\$ 127.200,00

TOTAL (R\$)						R\$ 127.200,00
Atividade 6.3.1.						
Objetivos 1						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Especialista Ciencia da computação	1	R\$	3.000,00	12	R\$ 36.000,00
3	Pesquisador Elaboração do Manual	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
4	Softwares	3	R\$	1.000,00	2	R\$ 6.000,00
5	Traduções e publicações/terceiros	5	R\$	3.000,00	1	R\$ 15.000,00
Subtotal						R\$ 129.000,00
Objetivo 2						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Especialista em limnologia	1	R\$	3.000,00	12	R\$ 36.000,00
3	Auxiliares especializados em campo e laboratório	2	R\$	2.000,00	6	R\$ 24.000,00
4	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	500	R\$	5,00	3	R\$ 7.500,00
5	Traduções e publicações/terceiros	5	R\$	3.000,00	1	R\$ 15.000,00
Subtotal						R\$ 130.500,00
Objetivo 3						
1	p.ex. Coordenador/pessoal	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
	Pesquisador Elaboração de mapas					
2	cartográficos	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
	Pesquisador para zoneamento ecológico					
3	econômico	1	R\$	2.000,00	12	R\$ 24.000,00
4	Serviço de terceiros	1		R\$ 10.000,00	1	R\$ 10.000,00
Subtotal						R\$ 106.000,00
TOTAL (R\$)						R\$ 365.500,00
Atividade 6.4.1.						
Objetivos 1						
1	Elaboração de base cartográfica	1	R\$	18.500,00	4	R\$ 74.000,00
2	Modelagem hidrossedimentologia	1	R\$	19.000,00	3	R\$ 57.000,00
3	Projetos técnicos	1	R\$	23.600,00	6	R\$ 141.600,00
4	Planejamento Conservacionista	1	R\$	30.000,00	1	R\$ 30.000,00
5	Resultados do Projeto	1	R\$	35.000,00	1	R\$ 35.000,00
Subtotal						R\$ 337.600,00
TOTAL (R\$)						R\$ 337.600,00
Atividade 6.5.1.						
Objetivos 1						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Pesquisador de Campo	2	R\$	2.200,00	12	R\$ 52.800,00
3	Aluguel de carro 4x4	1	R\$	600,00	10	R\$ 6.000,00
4	Combustível	1	R\$	150,00	10	R\$ 1.500,00
Subtotal						R\$ 108.300,00
Objetivo 2						
1	Pesquisador de Campo	2		R\$ 2.200,00	12	R\$ 52.800,00

2	equipamento de osmose reversa	1	R\$ 12.000,00	1	R\$ 12.000,00
3	conjunto de filtros para osmose reversa	1	R\$ 3.500,00	1	R\$ 3.500,00
4	diaria aluguel de carro	20	R\$ 450,00	1	R\$ 9.000,00
5	sequencimento amostras fungos (micro ID)	20	R\$ 337,00	1	R\$ 6.740,00
6	ultrafezzer	1	R\$ 50.000,00	1	R\$ 50.000,00
7	manutenção de 1 shaker temperatura controlada	1	R\$ 10.000,00	1	R\$ 10.000,00
8	Aluguel de carro 4x4	1	R\$ 600,00	20	R\$ 12.000,00
9	Combustível	1	R\$ 150,00	20	R\$ 3.000,00

Subtotal

R\$ 159.040,00

TOTAL (R\$)

R\$ 267.340,00

Atividade 6.6.1.

Objetivos 1

1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	auxiliares de campo e laboratório	4	R\$	2.000,00	6	R\$ 48.000,00
3	Aluguel Carro Gol 1.6 (Km livre, cobertura do carro)	1	R\$	600,00	6	R\$ 3.600,00
4	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$	5,00	6	R\$ 4.800,00

Subtotal

R\$ 104.400,00

TOTAL (R\$)

R\$ 104.400,00

Atividade 6.6.2

Objetivos 2

1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 60.000,00
2	auxiliares de campo e laboratório	4	R\$	2.000,00	6	R\$ 48.000,00
3	Aluguel Carro Gol 1.6 (Km livre, cobertura do carro)	1	R\$	600,00	4	R\$ 2.400,00
4	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$	5,00	6	R\$ 4.800,00
	Traduções e publicações/terceiros	5	R\$	3.000,00	1	R\$ 15.000,00

Subtotal

R\$ 130.200,00

TOTAL (R\$)

R\$ 130.200,00

Atividade 6.6.3

Objetivos 1

1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	auxiliares de campo e laboratório	4	R\$	2.000,00	6	R\$ 48.000,00
3	Aluguel Carro Gol 1.6 (Km livre, cobertura do carro)	1	R\$	600,00	6	R\$ 3.600,00
4	Combustível Carro normal Barra/Luiz Alvez/Campo	160	R\$	5,00	6	R\$ 4.800,00

Subtotal

R\$ 104.400,00

TOTAL (R\$)

R\$ 104.400,00

Atividade 6.7.1

Objetivos 1, 2, 3, 4, 5 e 6

1	Auxiliares de campo e laboratório	4	R\$	2.000,00	6	R\$ 48.000,00
2	Aluguel de carro	5	R\$	600,00	2	R\$ 6.000,00
3	Tradução e publicação	5	R\$	1.000,00	1	R\$ 5.000,00

4	Operador de drone	1	R\$	2.000,00	3	R\$ 6.000,00
5	Serviço de terceiros, pessoa física (diária p/ barco hotel)	2	R\$	500,00	30	R\$ 30.000,00
6	Serviço de terceiros, pessoa física (diária p/ barqueiros)	2	R\$	350,00	30	R\$ 21.000,00
Subtotal						R\$ 116.000,00
TOTAL (R\$)						R\$ 116.000,00
Atividade 6.7.2						
Objetivo 1						
1	Coordenador	1	R\$	4.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Técnicos de campo	3	R\$	2.000,00	12	R\$ 72.000,00
3	Aluguel de carro/gasolina	1	R\$	400,00	12	R\$ 4.800,00
4	Testemunhador	1		R\$ 8.000,00	1,00	R\$ 8.000,00
5	Aluguel de barco	1		R\$ 1.000,00	2	R\$ 2.000,00
Subtotal						R\$ 134.800,00
Objetivo 2						
1	Técnicos de laboratório qualificados	2		R\$ 2.000,00	12	R\$ 48.000,00
2	Manutenção de equipamentos	1		R\$ 10.000,00	1	R\$ 10.000,00
3	apoio técnico para campo e laboratório	1		R\$ 2.000,00	12	R\$ 24.000,00
4	contratação de pessoa jurídica (14C)	10		R\$ 1.500,00	1,00	R\$ 15.000,00
5	contratação de pessoa jurídica (210Pb)	20		R\$ 540,00	1	R\$ 10.800,00
6	contratação de pessoa jurídica (13C e 15N)	100		R\$ 75,00	1	R\$ 7.500,00
7	contratação de pessoa jurídica (MEV)	20		R\$ 120,00	1	R\$ 2.400,00
8	contratação de pessoa jurídica (eDNA)	90		R\$ 515,00	1	R\$ 46.350,00
Subtotal						R\$ 164.050,00
Objetivo 3						
1	Técnicos analistas qualificados	2	R\$	3.000,00	12	R\$ 72.000,00
2	Recursos de informática/escritório	1	R\$	5.000,00	1	R\$ 5.000,00
3	Revisão de inglês	1	R\$	2.500,00	1	R\$ 2.500,00
Subtotal						R\$ 79.500,00
TOTAL (R\$)						R\$ 378.350,00
TOTAL (R\$)						R\$ 2.859.590,00

Tabela 7: Gastos passagens para deslocamento das diversas equipes para a realização do primeiro ano de implantação e execução do projeto pela TWRA.

No.	ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Atividade 6.0.0				
Objetivo 1				

1	Rio de Janeiro/São Miguel do Araguaia-GO (ida e volta)	4	R\$ 500,00	R\$ 2.000,00
	Subtotal			R\$ 2.000,00
	TOTAL (R\$)			R\$ 2.000,00
Atividade 6.1.1.				
Objetivo 1				
1	Brasília/São Miguel do Araguaia-GO	5	R\$ 150,00	R\$ 750,00
	Subtotal			R\$ 750,00
	TOTAL (R\$)			R\$ 750,00
Atividade 6.2.1.				
Objetivo 1				
1	Cáceres / Barra do Garças (ida e volta)	4	R\$ 126,40	R\$ 505,60
2	Barra do Garças / São Miguel do Araguaia(ida e volta)	6	R\$ 184,82	R\$ 1.108,92
3	São Miguel / Luiz Alves (Táxi - ida e volta)	6	R\$ 40,00	R\$ 240,00
	Subtotal			R\$ 1.854,52
	TOTAL (R\$)			R\$ 1.854,52
Atividade 6.2.2				
Objetivo 1				
1	Cascavel/Brasília/São Miguel do Araguaia- GO/Cascavel	3	R\$ 500,00	R\$ 1.500,00
	Subtotal			R\$ 1.500,00
	TOTAL (R\$)			R\$ 1.500,00
Atividade 6.2.3				
Objetivo 1				
1	Brasília/São Miguel do Araguaia-GO	3	R\$ 150,00	R\$ 450,00
	Subtotal			R\$ 450,00
	TOTAL (R\$)			R\$ 450,00
Atividade 6.2.4				
Objetivo 1				
1	destinos: SSA: BPG (Barra de Garças - Mato grosso): SSA?	4	R\$ 1.500,00	R\$ 6.000,00
	Subtotal			R\$ 6.000,00
Objetivo 2				
4	destinos: SSA: BPG (Barra de Garças - Mato grosso): SSA?	4	R\$ 1.500,00	R\$ 6.000,00
	Subtotal			R\$ 6.000,00
	TOTAL (R\$)			R\$ 12.000,00
Atividade 6.3.1.				
Objetivo 1				
1	Cascavel/Brasília/São Miguel do Araguaia- GO/Cascavel	3	R\$ 500,00	R\$ 1.500,00
	Subtotal			R\$ 1.500,00
Objetivo 2				
1	Cascavel/Brasília/São Miguel do Araguaia- GO/Cascavel	3	R\$ 500,00	R\$ 1.500,00
	Subtotal			R\$ 1.500,00

TOTAL (R\$)				R\$ 3.000,00
Atividade 6.4.1.				
Objetivo 1				
1	Campinas/São Miguel do Araguaia-GO	6	R\$ 450,00	R\$ 2.700,00
2	Aluguel carro Brasília/São Miguel	3	R\$ 1.500,00	R\$ 4.500,00
Subtotal				R\$ 7.200,00
TOTAL (R\$)				R\$ 7.200,00
Atividade 6.5.1.				
Objetivo 1				
destinos: SSA: BPG (Barra de Garças - Mato grosso); SSA?				
1		4	R\$ 1.500,00	R\$ 6.000,00
2	Vitória / São Miguel do Araguaia (ida e Volta)	6	R\$ 1.200,00	R\$ 7.200,00
Subtotal				R\$ 27.600,00
Objetivo 2				
1	Vitória / São Miguel do Araguaia (ida e Volta)	4	R\$ 1.200,00	R\$ 4.800,00
2	Salvador / São Miguel do Araguaia (ida e Volta)	8	R\$ 1.200,00	R\$ 9.600,00
Subtotal				R\$ 55.200,00
TOTAL (R\$)				R\$ 82.800,00
Atividade 6.6.2.				
Objetivo 1				
Cascavel/Brasília/São Miguel do Araguaia-GO/Cascavel				
1				R\$ 2.500,00
Subtotal				R\$ 2.500,00
Atividade 6.7.1.				
Objetivo 1				
1	Salvador/Tocantins/Salvador	4	R\$ 1.300,00	R\$ 5.200,00
Subtotal				R\$ 5.200,00
TOTAL (R\$)				R\$ 7.700,00
TOTAL (R\$)				R\$ 119.254,52

Tabela 8: Previsão de gastos em diárias necessárias para a realização do primeiro ano de implantação e execução do projeto pela TWRA.

No.	ESPECIFICAÇÃO	EQUIPE (NO. DE PESSOAS)	QUANTIDADE (dias)	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Atividade 6.0.0					
Objetivo 1					
1	pesquisador	1	30	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00

Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 9.000,00
Atividade 6.1.1.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	3	30	R\$ 300,00	R\$ 27.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 27.000,00
Atividade 6.2.1.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	3	12	R\$ 300,00	R\$ 10.800,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 10.800,00
Atividade 6.2.2.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	2	15	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00
Subtotal					
Objetivo 2					R\$ 9.000,00
1	pesquisadores	2	15	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 18.000,00
Atividade 6.2.4.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	3	30	R\$ 300,00	R\$ 27.000,00
2	pesquisadores	1	28	R\$ 300,00	R\$ 8.400,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 35.400,00
Atividade 6.3.1.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	3	30	R\$ 300,00	R\$ 27.000,00
2	pesquisadores	2	15	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00
Subtotal					
Objetivo 2					R\$ 36.000,00
1	pesquisadores	2	15	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 45.000,00
Atividade 6.4.1.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	3	30	R\$ 300,00	R\$ 27.000,00
Subtotal					
TOTAL (R\$)					R\$ 27.000,00
Atividade 6.5.1.					
Objetivo 1					
1	pesquisadores	2	14	R\$ 300,00	R\$ 8.400,00

2	pesquisadores	3	10	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00		
Subtotal				R\$ 17.400,00			
Objetivo 2							
1	pesquisadores	2	10	R\$ 300,00	R\$ 6.000,00		
2	pesquisadores	3	30	R\$ 300,00	R\$ 27.000,00		
Subtotal				R\$ 33.000,00			
TOTAL (R\$)				R\$ 50.400,00			
Atividade 6.6.2.							
Objetivo 1							
1	pesquisadores	2	15	R\$ 300,00	R\$ 9.000,00		
Subtotal				R\$ 9.000,00			
TOTAL (R\$)				R\$ 9.000,00			
Atividade 6.7.1.							
Objetivo 1							
1	pesquisadores	7	30	R\$ 300,00	R\$ 63.000,00		
Subtotal				R\$ 63.000,00			
TOTAL (R\$)				R\$ 63.000,00			
Atividade 6.7.2.							
Objetivos 1, 2, 3, 4, 5 e 6							
1	pesquisadores	3	50	R\$ 300,00	R\$ 45.000,00		
2	pesquisadores	2	10	R\$ 300,00	R\$ 6.000,00		
3	pesquisadores	2	14	R\$ 300,00	R\$ 4.200,00		
Subtotal				R\$ 51.000,00			
TOTAL (R\$)				R\$ 51.000,00			
TOTAL (R\$)				R\$ 345.600,00			

9. EQUIPE DE PESQUISADORES DA TWRA

9.1. Equipe responsável pelo GERENCIAMENTO DO PROJETO*

Estrutura Gerencial do projeto	Nome	Vínculo com a instituição proponente	Formação Profissional	Experiência em gerenciamento de projeto
Coordenação Geral	José Francisco Gonçalves Jr	Presidente	Ciências Biológicas	http://lattes.cnpq.br/1415005734830737
Coordenação Técnica	Hidelano Delanousse Theodoro	Gerente de Pesquisa e Inovação	Administrador	http://lattes.cnpq.br/5320817905590477
Coordenação Financeira	Marcelo da Silva Moretti	Diretor Financeiro	Ciências Biológicas	http://lattes.cnpq.br/3547610267125711

9.2. Equipe da TWRA

A TWRA é composta basicamente por profissionais altamente qualificados (>70% doutores) exercendo atividades técnica-científica em mais de 30 áreas do conhecimento atuando na solução dos problemas ambientais na área de recursos hídricos (Tabela 9). Todos estão plenamente habilitados a atuarem e formalmente comprometidos com as ações da TWRA conforme previsto em estatuto (ver www.thetwra.org).

Tabela 9: Equipe de pesquisadores da TWRA

#	Nome	Profissão	Instituição	Maior Titulação	Nome do Programa de Pós-graduação
1	ABRAHAO A. ALDEN ELESBON	Professor(a)	Instituto Federal do Espírito Santo	Doutorado	Engenharia Agrícola - Recursos Hídricos e Ambientais
2	ADOLFO RICARDO CALOR	Professor(a)	Universidade Federal da Bahia	Pós-Doutorado	Entomologia
3	Adriana Marques	Professor(a)	Instituto Federal de São Paulo	Mestrado	Engenharia Civil
4	Adriana Oliveira Medeiros	Professor(a)	Universidade Federal da Bahia	Doutorado	Microbiologia
5	Alessandra Nasser Caiafa	Biólogo(a)	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	Doutorado	Biologia Vegetal
6	ALESSANDRA PEIL	Biólogo(a)	Tetra Tech	Mestrado	Ecologia
7	Alex Enrich Prast	Professor(a)	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Ecologia
8	ALEXANDRE ANDERS BRASIL	Engenheiro Florestal	GreenData - Centro de Gestão e Inovação Socioeconômica e Ambiental	Mestrado	Ciências Florestais
9	Allan Yu Iwama	Engenheiro(a) Ambiental	Universidad de Los Lagos	Pós-Doutorado	NEPAM-UNICAMP
10	Almir Manoel Cunico	Professor(a)	Universidade Federal do Paraná	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
11	Aloysio da Silva Ferrão Filho	Biólogo(a)	Instituto Oswaldo Cruz-FIOCRUZ	Pós-Doutorado	Biofísica Ambiental
12	Ana Clara alves de melo	Gestora Ambiental		Mestrado	Ciências Ambientais
13	Ana Odalia Vieira Sena	Professor(a)	Universidade do Estado da Bahia	Mestrado	Educação e Ciências
14	André Luís de Castro Peixoto	Professor(a)	Instituto Federal de São Paulo	Doutorado	Engenharia Química
15	ANDRÉ LUÍS S. S. MARTIM	Engenheiro(a)	Universidade Estadual de Campinas	Doutorado	Engenharia Civil
16	André Munhoz de Argollo Ferrão	Professor(a)	Universidade Estadual de Campinas	Pós-Doutorado	Arquitetura e Urbanismo
17	Andressa da Silva Reis	Biólogo(a)	Universidade Vila Velha	Pós-Doutorado	Ecologia de Ecossistemas
18	Antonio Carlos Zuffo	Professor(a)	Universidade Estadual de Campinas	Pós-Doutorado	Engenharia Civil
19	Aristeu Gomes Tininis	Professor(a)	Instituto Federal de São Paulo	Doutorado	Química

20	Asdrubal Jesus Farias Ramirez	Engenheiro Agrônomo	R.A.S.A. Racionalize Água Solo e Ambiente Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Doutorado	Engenharia de Sistemas Agrícolas
21	Betina Kozlowsky Suzuki	Biólogo(a)	ADASA	Doutorado	Ecologia Química e Ecotoxicologia
22	Camila Aida Campos Couto	Funcionária Pública		Mestrado	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
23	CARLINDA R. F. MEDEIROS	Biólogo(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Doutorado	Ecologia
24	Carlos Amilton Silva Santos	Professor(a)	Instituto Federal da Bahia Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Doutorado	
25	Christina Wyss Castelo Branco	Biólogo(a)	Universidade Estadual de Maringá	Doutorado	Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical)
26	CRISLEI LARENTIS	Biólogo(a)	Universidade Estadual de Maringá	Doutorado	Biologia Comparada
27	Cristhiane Michiko Passos Okawa	Engenheiro(a) Civil	Universidade Estadual de Santa Cruz	Pós-Doutorado	Recursos Hídricos
28	Daniela Mariano Lopes da Silva	Professor(a)	Universidade Federal de Campina Grande	Pós-Doutorado	Ciências (Energia Nuclear na Agricultura)
29	Daniele Jovem da Silva Azevêdo	Professor(a)	EMBRAPA/MPF-SP	Pós-Doutorado	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
30	Débora Fernandes Calheiros	Biólogo(a)	Universidade Estadual Paulista	Doutorado	Ciências
31	Debora Martins de Freitas	Professor(a)	Instituto Federal do Espírito Santo	Pós-Doutorado	Conservation Planning
32	DEJANYNE PAIVA Z. BIANCHI	Engenheiro(a) Civil	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	Doutorado	Engenharia Civil - Recursos Hídricos
33	Doriedson Ferreira Gomes	Biólogo(a)	Universidade Federal do Paraná	Doutorado	Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores
34	Duarcides Ferreira Mariosa	Professor(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Pós-Doutorado	Relações Internacionais - Geopolítica e Geoeconomia
35	EDIVANDO VITOR DO COUTO	Professor(a)	Universidade Federal da Bahia	Doutorado	Geografia
36	Edlayne Raynara Pontes de Lima	Estudante	Universidade Federal de Alagoas	Mestrado	Ciência e Tecnologia Ambiental
37	Edson Serafim de Almeida Junior	Estudante	CEFET-MG	Mestrado	Ecologia: Teoria, aplicação e valores
38	Emerson Carlos Soares e Silva	Professor(a)	Universidade Estadual de Santa Cruz	Pós-Doutorado	Biotecnologia e Biologia de Água Doce
39	ERICK B. D'ANGELO CHAIB	Professor(a)	Instituto Federal da Paraíba	Doutorado	Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
40	Erminda da Conceição Guerreiro Couto	Professor(a)		Doutorado	Ciências Biológicas
41	Evaldo de Lira Azevêdo	Professor(a)		Doutorado	Etnobiologia e Conservação da Natureza - UFRPE

42	Evanilde Benedito	Professor(a)	Universidade Estadual de Maringá	Pós-Doutorado	Ecologia e Recursos Naturais
43	Ewerton Fintelman de Oliveira	Biólogo(a)	R2N Consultoria Ambiental LTDA	Mestrado	Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical)
44	Fernanda Aparecida Veronez	Professor(a)	Instituto Federal do Espírito Santo	Doutorado	Ciências da Engenharia Ambiental
45	Fernanda Augusto Moschetto	Biólogo(a)	Universidade Estadual Paulista	Doutorado	Biodiversidade de Ambientes Costeiros
46	Franciely Ferreira Paiva	Estudante	Universidade Estadual da Paraíba	Mestrado	Ecologia e Conservação
47	Francisco Carlos Rocha de Barros Jr	Professor(a)	Universidade Federal da Bahia	Doutorado	Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores
48	Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Correspondente Hélio César Suleiman)	Engenheiro(a) Civil	Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê	Mestrado	
49	HARRY ALBERTO BOLLMANN	Professor(a)	Pontifícia Universidade Católica do Paraná	Doutorado	Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
50	Henrique Marinho Leite Chaves	Engenheiro(a)	Universidade de Brasília	Doutorado	Agronomia
51	Hidelano Delanusse Theodoro	Administrador	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Engenharia Civil
52	Hugo de Carvalho Ricardo	Engenheiro Agrícola	UFRRJ	Mestrado	Engenharia de Sistemas Agrícolas
53	Iara Bueno Giacomini	Funcionária Pública	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura	Mestrado	Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais
54	Jacir Dal Magro	Professor(a)	Universidade Comunitária da Região de Chapecó	Pós-Doutorado	Química
55	JOAO JOSE A. DE A. DEMARCHI	Pesquisador(a)	Instituto de Zootecnia APTA SAA	Doutorado	Ciências Biológicas
56	JOSE ETHAM DE L. BARBOSA	Professor(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Doutorado	Ecologia e Conservação
57	José Francisco Gonçalves Jr	Professor(a)	Universidade de Brasília	Doutorado	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
58	José Gilberto Dalfré Filho	Engenheiro(a) Civil	Universidade Estadual de Campinas	Pós-Doutorado	Engenharia Civil - Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais
59	José Luiz Attayde	Professor(a)	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Doutorado	Ecologia
60	José Paulo Peccinini Pinese	Professor(a)	Universidade Estadual de Londrina	Pós-Doutorado	Geociências (Geoquímica)
61	José Ripper Kós	Professor(a)	Universidade Federal de Santa Catarina	Pós-Doutorado	Architecture and Building Science - University of Strathclyde
62	JOSÉ VIEIRA SILVA	Professor(a)	Universidade Federal de Alagoas	Doutorado	Agronomia

63	Joseline Molozzi	Professor(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Pós-Doutorado	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
64	Josimeire Aparecida Leandrini	Professor(a)	Universidade Federal da Fronteira Sul	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
65	Juliana dos Santos Severiano	Biólogo(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Doutorado	Botânica
66	Juliana Silva França	Biólogo(a)	Universidade Vila Velha	Doutorado	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
67	Karoline Victor Serpa	Biólogo(a)	Universidade Vila Velha	Mestrado	Ecologia de Ecossistemas
68	Larissa Corteletti da Costa	Biólogo(a)	Universidade Vila Velha	Doutorado	Ecologia de Ecossistemas
69	Leonardo da Silva Tomadon	Estudante	Universidade Estadual de Maringá	Não possui	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
70	Luana Silveira Araújo	Estudante	Universidade Estadual da Paraíba	Graduação	Ecologia e Conservação
71	Lucas Farias de Sousa	Estudante	Universidade Estadual de Santa Cruz	Mestrado	Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente
72	Lucas MOnteiro Dildey	Engenheiro(a) Civil	Universidade Federal do Paraná	Mestrado	Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
73	Luciane Maria Vieira do Couto	Engenheiro(a) Ambiental	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Doutorado	Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
74	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Biólogo(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Doutorado	Recursos Naturais
75	Ludgero Cardoso Galli Vieira	Biólogo(a)	Universidade de Brasília	Pós-Doutorado	Ciências Ambientais
76	Luis Palini Junior	Engenheiro(a) Civil	W ³ Consulting	Mestrado	Engenharia Civil
77	Luiza Ishikawa Ferreira	Professor(a)	ONG Jaguatibaia	Doutorado	Instituto Oceanográfico USP
78	Magnólia de Araújo Campos	Professor(a)	Universidade Federal de Campina Grande	Pós-Doutorado	Ciências Biológicas (Biologia Molecular)
79	Marcelo da Silva Moretti	Biólogo(a)	Universidade Vila Velha	Doutorado	Ecologia de Ecossistemas
80	MARCELO MANZI MARINHO	Biólogo(a)	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Ecologia
81	Marcelo Sousa	Consultor Ambiental	Converge	Doutorado	PhD, Earth Sciences, University of Waterloo
82	Marco Jacomazzi	Consultor Ambiental	R.A.S.A. Racionalize Água Solo e Ambiente	Doutorado	Engenharia Civil - Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais
83	Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes	Oceanógrafo	Universidade Federal do Sul da Bahia	Doutorado	Ciências Marinhas - Universidade de Plymouth (Reino Unido)
84	Marcos Medeiros Cavalcanti Júnior	Estudante	Universidade de Brasília	Mestrado	Ecologia
85	Maria Helena Carvalho Costa	Professor(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Mestrado	Sistemas Agroindustriais

ALIANÇA TROPICAL DE PESQUISA DA ÁGUA - Projeto Tocantins-Araguaia

SGCV lote 13, bloco B, apto. 313; CEP: 71.215-630, Brasília – DF; Fones (61) 3107-2986; 99978-4041

e-mail: diretoria@thetwra.org; www.thetwra.org

86	Maria Luiza Silveira de Carvalho	Professor(a)	Universidade Federal da Bahia	Pós-Doutorado	Botânica
87	MARIANGELA DUTRA DE OLIVEIRA	Engenheiro(a) Civil	Instituto Federal do Espírito Santo	Doutorado	Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
88	Marina Christofidis	Biólogo(a)	Ministério da Economia	Mestrado	Engenharia Ambiental
89	Marina Satika Suzuki	Professor(a)	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Doutorado	Biociências e Biotecnologia
90	Mario Neto Borges	Professor(a)	Universidade Federal de São João Del Rei	Doutorado	Educação
91	Matheus Gimenez Buzo	Estudante	Universidade Estadual de Maringá	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
92	Matheus Maximilian Ratz Scoarize	Biólogo(a)	Universidade Estadual de Maringá	Mestrado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
93	Mauricio Mello Petrucio	Biólogo(a)	Universidade Federal de Santa Catarina	Doutorado	Ecologia e Recursos Naturais
94	Mayara Pereira Neves	Biólogo(a)	UFRGS	Doutorado	Biologia Animal
95	Nadson Ressyé Simões da Silva	Professor(a)	Universidade Federal do Sul da Bahia	Pós-Doutorado	Sistemas Aquáticos
96	Natascha Krepsky	Professor(a)	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Geologia e Geofísica Marinha
97	Nei Kavaguichi Leite	Professor(a)	Universidade Federal de Santa Catarina	Pós-Doutorado	Ciências
98	Olaf Malm	Professor(a)	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Ciências (Biofísica)
99	Orandi Mina Falsarella	Professor(a)	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	Doutorado	Engenharia Mecânica - Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação e Comunicação
100	Paulo Silas do Amaral	Administrador	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	Mestrado	Sustentabilidade
101	PERICLES S. DE CARVALHO	Professor(a)	SEDUC - AL	Especialização	Gestão Ambiental
102	Pilar Carolina Villar	Docente	Universidade Federal de São Paulo	Pós-Doutorado	Ciência Ambiental
103	Rafael Mendonça Duarte	Professor(a)	UNESP	Pós-Doutorado	Biologia de Água Doce e Pesca Interior
104	Rafael Trindade Maia	Professor(a)	Universidade Federal de Campina Grande	Doutorado	Biologia Animal
105	Rafaela Silva de Faria	Engenheira Florestal	Universidade de Brasília	Graduação	Ecologia
106	RAILDO MOTA DE JESUS	Professor(a)	Universidade Estadual de Santa Cruz	Doutorado	QUÍMICA
107	Renan de Souza Rezende	Professor(a)	Universidade Comunitária da Região de Chapecó	Pós-Doutorado	Ecologia
108	Renata de Fátima Panosso	Professor(a)	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Doutorado	Ecologia

109	Renato Tavares Martins	Biólogo(a)	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	Pós-Doutorado	Entomologia
110	Ricardo Tezini Minoti	Professor(a)	Universidade de Brasília	Pós-Doutorado	Ciências da Engenharia Ambiental
111	RITA C. CANTONI PALINI	Engenheiro(a) Civil	Petrobras	Doutorado	Engenharia Civil
112	Rodolfo Mariano Lopes da Silva	Professor(a)	Universidade Estadual de Santa Cruz	Pós-Doutorado	Entomologia
113	roque alves pereira	Biólogo(a)	Associação Caraguatás Ambiental	Pós Graduação	Gestão Ambiental
114	Rosilene Luciana Delariva	Docente	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
115	Samira G M Portugal	Professor(a)	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Doutorado	Química Orgânica (IQ - UFRJ)
116	Sandra Martins Ramos	Biólogo(a)	ITTI/UFPB	Pós-Doutorado	Ecologia
117	SANDRO FROEHNER	Professor(a)	Universidade Federal do Paraná	Pós-Doutorado	Engenharia Ambiental
118	SERGIO NASCIMENTO DUARTE	Docente	ESALQ/USP	Doutorado	Engenharia Agrícola
119	Sidclay Cordeiro Pereira	Professor(a)	Universidade de Pernambuco	Doutorado	Ciências Geográficas
120	Solange Kimie Ikeda Castrillon	Professor(a)	Universidade do Estado de Mato Grosso	Doutorado	Ecologia e Recursos Naturais
121	Thomaz Aurélio Pagioro	Professor(a)	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
122	Timothy Peter Moulton	Biólogo(a)	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Doutorado	Biological Sciences
123	Valéria Ghislotti Iared	Professor(a)	Universidade Federal do Paraná	Doutorado	Ecologia e Recursos Naturais
124	Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis	Engenheiro(a) Civil	Instituto Federal de São Paulo	Doutorado	Engenharia Civil - Recursos Hídricos
125	Victor Satoru Saito	Professor(a)	Universidade Federal de São Carlos	Doutorado	Ecologia e Recursos Naturais
126	Vinicius Fortes Farjalla	Professor(a)	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Ecologia
127	Vivian de Mello Cioneck	Professor(a)	Universidade do Estado de Santa Catarina	Pós-Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais
128	Viviane Bernardes dos Santos Miranda	Biólogo(a)	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Pós-Doutorado	Ecologia de Zooplâncton de Reservatórios
129	Wilma Izabelly Ananias Gomes	Pesquisador(a)	Universidade Estadual da Paraíba	Doutorado	
130	Yara Moretto	Professor(a)	Universidade Federal do Paraná	Doutorado	Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais

10. INFRAESTRUTURA COMPROMETIDA COM ESTE PROJETO

Os laboratórios aqui listados foram aqueles que formalmente se comprometeram com este projeto, permitindo uma ampla capacidade de execução das atividades envolvidas. Todos os pesquisadores responsáveis por eles são membros da TWRA.

1- LMA: O Laboratório de Microbiologia Ambiental: 50 m² subdividido em uma sala de permanência de professor com dois computadores e uma impressora e uma sala de análises microbiológicas com: 1 geladeira, 1 fluxômetro, pHmetro, 1 oxímetro, 3 balança semi analítica, 2 estufas bacteriológicas, duas estufas de secagem de material, uma estufa de circulação, 1 estufa BOD, 1 destilador, uma mufla, ar condicionado, 1 capela de fluxo laminar, 1 microscópio com foto-documentador, 1 shaker temperatura controlada, 1 microscópio óptico, uma lupa, pipetas automáticas, microlitros além de vidrarias. O laboratório conta ainda com apoio de 2 técnicos em química e 1 com formação em microbiologia, contratados da instituição.

2- Herbário: O Herbário ALCB conta com um acervo de 136.087 espécimes (fanerógamas, algas, briófitas, monilófitas, fungos e madeiras) inteiramente disponibilizado na plataforma online www.splink.cria.org.br. Apresenta oito docentes vinculados como curadores assistentes, 2 técnicos administrativos. Possui 2 estufas de circulação, 3 freezers 5 módulos de armários deslizantes. 5 computadores, 1 equipamento fotográfico para digitalização da coleção, O Herbário está credenciado como instituição Fiel Depositária de amostras do componente genético desde 2009 e, dentre as atividades de intercâmbio (empréstimos e doações) realizadas, destacam-se as doações de materiais enviadas para diversos herbários nacionais (MBM, HUEFS, CEPLAC, EAC, HUNEB-A, HRB, CEPLAC, HST, UFG, RB, SPF, SPFR, VIES/ES, HTSA) e internacionais (entre eles, Argentina-CTES, Mar del Plata e EUA-Smithsonian Institution, Universidade de Málaga e Herbário Nacional de México - MEXU), proporcionando condições para o desenvolvimento de pesquisa científica entre seus docentes e alunos. O Herbário ALCB, em fase de expansão do espaço físico (novo espaço com 150 m²), apresenta a extensão das suas atividades e o apoio de infra-estrutura dos laboratórios associados a ele, como o Laboratório Flora, de Algas Marinhas (LAMAR), o Laboratório de Taxonomia de Briófitas (BrioFLORA), Xiloteca Professor José Pereira de Sousa (PJPSw) e Laboratório de Genética e Evolução Vegetal (LAGEV).

3- Laboratório de Taxonomia, Ecologia e Paleoecologia de Ambientes Aquáticos - EcoPaleo, Instituto de Biologia /UFBA. Área total: 40m². Equipamentos: 1 computador desktop com

monitor, 1 impressora, 1 estereomicroscópio, 6 microscópios biológicos (sendo 5 normais e 1 invertido, destes 3 são trinoculares; 2 com máquina fotográfica acoplada e sistema de captura digital de imagem); 22 volumes para a identificação de diatomáceas de ambientes dulciaquícolas e marinhos; 12 volumes para a identificação de microalgas, excluindo as diatomáceas; 1 laminária; coleção de lâminas para diatomáceas; reagentes; 1 espectrofotômetro; 1 fluorímetro; 1 GPS; 1 profundímetro; 6 redes para coleta de fitoplâncton; 1 rede para coleta de zooplâncton; vidraria; 1 destilador de água; 1 geladeira; 1 aparelho de ar-condicionado.

4- Laboratório de Invertebrados Aquáticos Bentônicos – LIAB, Departamento de Biodiversidade, Setor Palotina/UFPR, Palotina. Área de 60m². Equipamentos: 4 microscópios estereoscópicos, 4 microscópios ópticos, 1 freezer, 2 geladeiras; 1 estufa de esterilização, 1 balança eletrônica semi- analítica, 1 balança eletrônica analítica; 1 computador ligado à rede de Internet (desktop), 6 fontes de iluminação de fibra óptica, 1 impressora jato de tinta, 3 armários de aço, 2 fichários em aço, 1 sonda multiparâmetros), 1 disco de secci, 1 turbidímetro, 1 agitador magnético, 1 mufla, 01 Bomba de vácuo, 01 aparelho de ar-condicionado.

5- Grupo de Pesquisa em Educação Ambiental e Cultura da Sustentabilidade - www.ea.ufpr.br, Departamento de Biodiversidade, Setor Palotina/UFPR, Palotina. Equipamentos: 1 Projetor multimedia, 1 Notebook, Materiais didáticos da área de Educação Ambiental como, por exemplo, Jogo Didático da Carta da Terra, Jogo da Biodiversidade do PROBIO, etc.; Livros da área de Educação Ambiental relacionados diretamente ao projeto: MARTINS, D.R.; MARTINS, P.T. O Estudo de Bacias Hidrográficas Uma estratégia para educação ambiental. São Carlos: Rima, 2002.; THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011; POLETO, C. (org) Bacias hidrográficas e recursos hídricos – 1 ed.- Rio de Janeiro: Interciênciia, 2014.; BRANDÃO, C.R. (org.). Pesquisa participante. São Paulo: Brasiliense, 2001.; OLIVEIRA, H. T.; FIGUEIREDO, A. N.; DI TULLIO, A.; MARTINS, C.; THIEMANN, F. T.; HOFSTATTER, L. J. V.; VALENTI, M.W.; OLIVEIRA, S.M.; SANTOS, S. A. M.; IARED, V. G. (Org.). Educação ambiental para a conservação da biodiversidade: animais de topo de cadeia. 1. ed. São Carlos-SP: Diagrama Editorial, 2016. v. 1. 200p.; SANTOS, S.A.; OLIVEIRA, H.T; DOMINGUEZ, I.G.; KUNIEDA, E. (Org.). Metodologias e temas socioambientais na formação de educadoras(es) ambientais. São Carlos: Gráfica e Editora Futura, 2011.

6- Laboratório de Geoquímica Ambiental e do Petróleo, Departamento de Engenharia Ambiental, Politécnico, UFPR, Curitiba. Equipamentos: CG-FID, TOC, HPLC, IRMS-CHN.

7- Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento. Campus de Campo Mourão/UTFPR, Campo Mourão. Área de 41 m², rede elétrica e de dados sendo utilizado para pesquisas em Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Equipamentos: o laboratório possui 12

Workstations e uma Plotter de 44 polegadas, 1 KIT medidor de umidade dos solos; 2 medidores de energia solar; 2 termohigrômetros digital portáteis; 2 termômetros infravermelho; 2 receptores GNSS Geodésico com sistema RTK; 3 Workstation Hp Z820; 2 Workstation Hp Z600; 4 microcomputadores; 1 GPS de Campo. Além de equipamentos diversos para atividades cartográficas e de campo (bússolas, trenas, estereoscópios, etc).

8- Laboratório de Limnologia, Ecologia e Cromatografia- LIEC e Laboratório Multiusuário de Equipamentos e Análises Ambientais, Campus Curitiba-UTFPR, Curitiba. Equipamentos: 1 HPLC/DAD, 1 CG-FID/TCD, 1 ESPECTROFOTOMETRO CG-MSMS.

9- Laboratório de Análises Ambientais – PUCPR, Curitiba: Forno mufla, chapa de aquecimento, agitadores magnéticos, lavador de gases, deionizador de água, estufas, estufas incubadoras para DBO, sistema de destilação e digestão de amostras, colorímetro, espectrofotômetro Visível, Espectrômetro de Absorção Atômica, Espectrômetro ICP-OES, Cromatógrafo Líquido HPLC, capela de exaustão, digestores para DQO, BOD track, Oxitop, destiladores para fenol, balanças analítica e semi analíticas, buretas digitais, peagâmetros, oxímetros, condutivímetros, multiparâmetros, blocos digestores, bomba de baixa vazão para coletas de águas subterrâneas, lavadores de gases e equipamentos com discos colorimétricos para análise de cor. Laboratório Móvel, um veículo da marca Fiat, modelo Ducato Maxicargo que dispõe de equipamentos sofisticados tais como células multiparâmetros para as determinações de pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, sólidos totais dissolvidos e temperatura, colorímetro para determinações de alguns constituintes inorgânicos não metálicos como cloro residual, fluoretos, compostos nitrogenados, fosfatos e sulfatos e também para determinações de alguns metais. Dispõe também de refrigerador para o armazenamento de amostras e reagentes, estufa incubadora para análises de coliformes e DBO5. Parâmetros físicos como sólidos totais em suspensão e materiais sedimentáveis podem ser determinados na unidade. De acordo com a versatilidade do projeto de instalação, o laboratório móvel permite a adaptação de outros equipamentos como suporte em diversos trabalhos como coletas de águas subterrâneas e controle da qualidade do ar.

10- Laboratório de Apoio à Pesquisa Agropecuária – LAPA/UEL, Londrina. Equipamentos: evaporador centrífugo. Marca/modelo: Thermo - RC1022. Ultracentrífuga preparativa, Marca/modelo: Hitachi - CP 70 MX, Micrótomo Marca/modelo: Leica - RM2265, NIR Marca/modelo: Foss XDS, HPLC-RID/FLD/PDA. ICP-MS Marca/modelo: Varian 820-MS. Evaporador centrífugo, Analisador de Aminoácidos Marca/modelo: Sykam - S7130, Micro-ondas digestor Marca/modelo: Anton Paar - Multiwave 3000, Espectrômetro de Absorção Atômica (AAS) Marca/modelo: Varian AA-140, EDX (ou EDS) Marca/modelo: Shimadzu - EDX 720.

11- Laboratório de Ictiologia, Ecologia e Biomonitoramento- LIEB, Centro de Ciências Biológicas/ UNIOESTE, Cascavel. Desenvolve pesquisas com Biomonitoramento da qualidade da água peixes como indicadores. Dispõe de 3 salas laboratoriais com infraestrutura para armazenar e processar amostras de peixes e dispõe dos seguintes equipamentos: 1 Aparelho de pesca elétrica acoplado com gerador de energia elétrica; 1 Microscópio óptico (Olympus) com sistema de captura de imagens; 4 Microscópios estereoscópicos, 1 Microscópio estereoscópico trinocular com sistema de captura de imagens; 2 freezers, Roupas (macacões) impermeáveis; Bibliografia especializada sobre taxonomia de peixes.

12- Laboratório de Monitoramento e Ecologia de Ecossistemas Aquáticos- LaMoCEQ/UENP, Cornélio Procópio. Equipamentos: Rede de Plâncton 68 µm; Rede de Plâncton 20 µm; computadores, impressora, bloco digestor, destilador de nitrogênio Kjeldhal, forno mufla, bomba de vácuo, freezer horizontal, refrigerador, aparelho medidor multiparâmetro, micropipetas, balança analítica 4 casas, estufa de secagem e esterilização, centrífuga para tubo de 15ml, garrafa coletora tipo van Dorn, espectrofotômetro UV/VIS, disco de Secchi, turbidímetro, agitador de tubos vórtex, moto-bomba, aparato de filtração, micropipeta repetidora, condutivímetro de bancada, microscópio estereoscópico binocular com sistema zoom, microscópio óptico comum binocular.

13- Nupélia/UEM, Maringá. Laboratório de Ecologia Energética/ Nupélia/UEM, Maringá. Equipamentos: Lutas; Estufa de circulação forçada; Estufa de secagem; Moinho de esferas; Microcomputadores; Geladeira e Freezer; Bomba Calorimétrica Parr. ICTIOLOGIA - Laboratório de Crescimento. Equipamentos: 1 Cortador de ossos; 1 Fogão de uma boca; 1 Estufa; 4 Lutas com ocular micrométrica; ICTIOLOGIA - Laboratório de Histologia. Equipamentos: 1 Afiador de navalha; 1 Micrótomo; 1 Estufa; 1 Capela; Microscópio. ICTIOLOGIA - Laboratório de Ecologia Trófica de Peixes. Equipamentos: 1 Luta Leica acoplada à câmara clara; 1 Luta Leica simples; 4 Lutas Tecnival; 1 Microscópio Olympus.

14- Laboratório de Geoprocessamento, UEM, Maringá. Equipamentos: 8 Microcomputador de mesa, 8GB, 1TB, 7200 rpm, com monitor 21,5" LCD, teclado e mouse; 8 Mesas tipo bancadas; 24 Cadeiras; 1 NOTEBOOK HP PAVILION, INTEL CORE I7, Memória 8GB, HD

1Tera, NVIDIA; 2 Geforce GTX, com mouse sem fio; Projetor multimídia BENQ; 2 Projetor multimídia EPSON; 1 Drone DJI Phantom 4 Pro+ com câmera C4K White; 1Ar-condicionado; 1 IMPRESSORA MULTIFUNCIONAL SAMSUNG.

15- Laboratórios de Informática (dois laboratórios), UEM, Maringá. Equipamentos: 35 Microcomputadores de mesa, 8GB, 1TB, 7200 rpm, com monitor 21,5" LCD, teclado e mouse; 16 Mesas tipo bancadas; 24 Cadeiras; 2 Projetor multimídia BENQ; 4 Ar-condicionado.

16- Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos – Universidade Vila Velha. Possibilita o estudo das comunidades de invertebrados que habitam o sedimento de ecossistemas aquáticos continentais e a sua utilização como bioindicadores de qualidade de água; da dinâmica do processamento da matéria orgânica de origem alóctone em riachos sombreados pela vegetação ripária; e da história de vida e comportamento de invertebrados fragmentadores e macroconsumidores, como os Tricópteros *Triplectides* sp. e *Phylloicus* sp. e o crustáceo *Trichodactylus fluviatilis*, respectivamente. São realizadas amostragens em campo para a determinação da composição, estrutura trófica e biomassa das comunidades de invertebrados aquáticos, experimentos em campo para avaliar as taxas de processamento de detritos foliares e sua colonização por invertebrados em ecossistemas lóticos, experimentos em laboratório para avaliar o comportamento alimentar e as interações interespecíficas entre organismos fragmentadores, e análises laboratoriais para a avaliação do conteúdo estomacal dos organismos aquáticos e composição química de detritos foliares. O laboratório possui como estrutura de maior porte: Balança analítica Shimadzu, Coletor Surber (02), Condutivímetro de campo, Estufa digital (02), Formo microondas, Geladeira (02), Micropipetas (09), Microscópio estereoscópio trinocular Bel (05), Microscópio Invertido Zeiss, pHmetro de campo (02), Multiparâmetro Horiba, Medidor de vazão, Centrifuga, Liofilizador, Medidor eletrônico de oxigênio com 12 canais, Sala de experimentos climatizada e com fotoperíodo.

17- Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais e Limnológicas (Nepal): o laboratório é coordenado pelo Prof. Ludgero Cardoso Galli Vieira e está localizado na Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina. O laboratório possui 5 microscópios retos, sendo um com jogo de captura de imagens, 1 estereomicroscópio com jogo de captura de imagens, 1 microscópio óptico invertido, 1 microscópio óptico de Luz Polarizada, 3 computadores, 1 laminário para 700 lâminas, 5 armários para armazenamento de equipamentos e amostras; 1 bomba à vácuo com kit completo de filtração, 2 pHmetros portáteis de campo, 2 condutivímetros portáteis de campo, 2 turbidímetros portáteis de campo, 1 oxímetro portátil de campo, 3 redes de zooplâncton, 3 redes de fitoplâncton, 4 caixas térmicas, 2 baldes graduados, 2 discos de Secchi, 1 motobomba e kit de mangueiras, mesas, cadeiras, datashow, geladeira, 2 freezers e um multianalisador ambiental (marca Horiba). O laboratório

também conta com 3 infiltrômetros mini-dsk (Decagon), 1 permeâmetro de Guelph (permeâmetro de carga constante passível de ir ao campo), 1 permeâmetro de carga constante (fixo em laboratório), 1 infiltrômetro de carga variável (Turf Tec International), 3 penetrômetros de impacto (Stolf - Coplacana), 1 sonda TDR de mensuração de umidade do solo e 1 pluviômetro Ville de Paris.

18- O Laboratório de Pesquisa e Educação Ambiental e Restauração Ecológica é um espaço de estudos e desenvolvimentos de projetos com a participação de professores e alunos de graduação e pós-graduação em Ciências Ambientais e Profágua. Os projetos do Laboratório têm pesquisas com foco na restauração para recuperação de nascentes como por exemplo os projetos do Assentamento Laranjeira e Córrego Sangradouro. Também os projetos de extensão “Educação Ambiental Para Conservação das Áreas Úmidas da Bacia do Prata” e “Viveiros Educadores do Pantanal”. Ao Laboratório está vinculado o viveiro de mudas nativas do Cerrado e Pantanal (Viveiro Educador). O viveiro e o laboratório estão localizados no Centro de Limnologia, Biodiversidade e Etnobiologia do Pantanal – CELBE, localizados na Cidade Universitária, da Universidade do Estado de Mato Grosso. Possui 2 computadores, com capacidade de análises geoespaciais, armários para armazenamento de equipamentos e outros exclusivos para armazenamento de amostras; 1 pHmetro portátil de campo, 1 condutivímetro portátil de campo, ental (marca Horiba). Conta com espectofotômetro de luz, estufa de secagem de material de campo e de material de laboratório, além de 1 turbidímetro portátil de campo, 1 redes de zooplâncton, 1 redes de fitoplâncton, 2 caixas térmicas, 1 discos de Secchi, mesas, tesouras de poda, cadeiras, datashow, BOD, geladeira, freezer. Possui também vidrarias e reagentes necessários para realização de análises de água.

19- LADSEA-LABORATÓRIO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO ORIENTADA E SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E AMBIENTAL – LADSEA- Departamento de Recursos Hídricos. O LADSEA está instalado numa área de 35m², contando com computadores, impressora, materiais de consumo de laboratório e manuais de equipamentos. Livros lançados: Indicadores de Sustentabilidade em Engenharia: Como Desenvolver. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2015. Autores: Fantinatti, PAP, Zuffo, AC e Argollo, AMA; Gerenciamento de Recursos Hídricos: Conceituação e Contextualização. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2016, 480p. Autores: Zuffo, AC e Zuffo, MSR.

20- LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – LAPLA; Departamento de Recursos Hídricos. O Laboratório possui uma área total de 37,95 m² e está dividido em três segmentos: a) Mapoteca e depósito de equipamentos com uma área de 7,20 m²; b) Área de pesquisa e desenvolvimento de trabalhos acadêmicos com uma área de 22,30 m²; No espaço reservado à mapoteca e depósito de equipamentos encontram-se os mapas temáticos e cartas do IBGE utilizados em trabalhos acadêmicos e disciplinas. Os equipamentos guardados nessa área referem-se aos três

aparelhos de GPS (dois de precisão da marca Trimble – Geoexplorer II; um da marca Garmin – GPSmap 60CSx); material de apoio às saídas de campo (botas, perneiras, facão, pranchetas, corda, etc.); dois armários de aço contendo uma parte da biblioteca utilizada para atividades de ensino e pesquisa; e uma plotter. Na área de pesquisa encontram-se os equipamentos em uso para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos: quatro CPUs, três notebooks, cinco monitores de 21" de LCD e uma mesa digitalizadora (desativada). Estes equipamentos são dotados de softwares - SIG (Sistema de Informação Geográfica) ArcView 9.2, Geomedia Professional e SPRING, que dão suporte aos trabalhos de mapeamento e interpretação da paisagem a partir de imagens de satélite e fotografias aéreas, necessários para o planejamento ambiental. Nessa mesma área, encontram-se ainda uma estante de aço com os livros e teses mais recentes e utilizados em ensino e pesquisa; um arquivo com artigos de referência e material de consumo (folha, cartuchos de impressora, etc.); e uma impressora da marca Xerox-Phaser 6110, ligada em rede com os computadores e notebooks do laboratório.

21- O Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas (EFL/UnB) conta com equipe de professores e alunos de graduação e pós graduação, infra estrutura própria e mobiliada de 50 m², e os seguintes equipamentos: 01 Sonda Automática Multiparâmetros YSI de qualidade da água, 01 Conjunto de Molinete para medição de vazão, 01 Nível de Engenheiro e os respectivos acessórios, 01 Conjunto de amostragem de umidade e lixiviado do solo, 01 Turbidímetro portátil, 10 Caixas de Gerlag, para amostragem de enxurrada e sedimentos, 01 Amostrador de sedimentos D48, 03 Computadores e periféricos.

22- Laboratório de Gestão e Políticas Públicas da Universidade Estadual do Norte Fluminense: O LGPP, do Centro de Ciência do Homem da UENF, tem como objetivo atuar tanto no campo de pesquisa, como no de ensino e extensão, priorizando os desafios da gestão de políticas públicas. O LGPP se propõe a produzir estudos e pesquisas que subsidiem reformulações de procedimentos e decisões nas diferentes esferas de governo, bem como atender, dentro de suas possibilidades, a problemas estratégicos de gestão pública. A partir dos insumos das Ciências Sociais lato sensu e das disciplinas instrumentais, o LGPP tem por missão ser um locus de referência em políticas públicas, capaz de inovar e irradiar boas práticas de gestão pública. Essas ações visam suprir lacuna relativa a disseminação de conceitos e tecnologia inovadores que aumentem a competência e a capacidade de resolver problemas nas áreas de governabilidade, governança e na gestão de políticas públicas (UENF, 2021).

23- O Laboratório de limnologia da UnB que dispõe de laboratórios e equipamentos que darão auxílio ao presente projeto estes também dispõem de infraestrutura necessária para o bom andamento do projeto. Será fornecido um espaço físico de 80 m², com bancada, pia, microscópio

estereoscópico, estufa, mufla, freezer, balança analítica de precisão, espectrofotômetro UV-Vis, agitador, destilador de água, capela com exaustor, banho maria, conjunto filtração, pHmetro, câmara de fluxo laminar e todos os demais equipamentos para execução deste estudo. Laboratório com aquários e ar-condicionado/Área experimental: Luminômetro, Banho maria, Bomba de vácuo, Pipetas automáticas, Analisador elementar CHN, Datalogger, Oxímetro, Liofilizador, Lupa

9. Referências Bibliográficas

- ARTHINGTON, A. H.; BHADURI, A.; BUNN, S. E.; JACKSON, S.; THARME, R. E.; TICKNER, D.; YOUNG, B.; ACREMAN, M.; BAKER, N.; CAPON, S.; HORNE, A. C.; KENDY, E.; MCCLAIN, M. E.; POFF, N. L.; RICHTER, B.; WARD, S. The Brisbane declaration and global action agenda on environmental flows. *Frontiers in Environmental Science*, v. 6, p. 45, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00045>. 2018.
- BAESSO M. M.; MENEZES, T. A. V.; MODOLO, A. J.; ROSA, R. G.; ZUIN, L. F. S. Comparação entre três penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração em um latossolo vermelho eutroférrico. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 14, N. 2, pp. 101-110, 2020.
- BALL, I.; POSSINGHAM, H.; WATTS, M. E. Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. In: MOILANEN, A.; WILSON, K. A.; POSSINGHAM, H. (Eds.). *Spatial Conservation Prioritisation: Quantitative Methods & Computational Tools*. Oxford, UK: Oxford University Press, pp. 185-189. 2009.
- BARBOUR, M. T.; GERRISTSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING J. B. *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. Washington DC: Environmental Protection Agency, 1999.
- BÄRLOCHER, F. Leaf-eating invertebrates as competitors of aquatic hyphomycetes. *Oecologia*, v. 47, n. 3, pp. 303-306, 1980.
- BÄRLOCHER F. O. Leaf mass loss estimated by litter bag technique. In: Methods to Study Litter Decomposition. A Practical Guide. (Eds M.A.S. GRAÇA, F. BÄRLOCHER & M.O. GESSNER), pp. 37-42. Springer, The Netherlands, 2005.
- BARTRAM, J.; BALLANCE, R. (Eds.). *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. United State: CRC Press, 1996.
- BATTARBEE, R. W.; JONES, V. J.; FLOWER, R. J.; CAMERON, N. G.; BENNION, H.; CARVALHO, L.; JUGGINS, S. Diatoms. In: *Tracking environmental change using lake sediments*. Dordrecht: Springer, pp. 155-202. 2002.
- BATZER, D. P.; WISSINGER, S. A. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual review of entomology*, v. 41, pp. 75, 1996.
- BENFIELD, E. F.; WEBSTER, J. R.; TANK, T.L.; HUTCHENS, J.J. Long-term patterns in leaf breakdown in streams in response to watershed logging. *International Review of Hydrobiology*, v. 86, pp. 467-474, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- BEZERRA, F. A. Variação temporal da composição de detritos foliares em córregos de cabeceira no Cerrado. Universidade de Brasília, 2012.
- BOON, P. J.; BAXTER, J. M. Aquatic conservation: reflections on the first 25 years. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 26, pp. 809-816, 2016.
- BORGES, E. F.; SANO, E. E. Séries temporais de EVI do MODIS para o mapeamento de uso e cobertura vegetal do oeste da Bahia. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, n. 3, p. 526-547, 2014.
- BORGES, E. F.; LOYOLA, R. Climate and land-use change refugia for Brazilian Cerrado birds. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 18, n. 2, p. 109-115, 2020.
- BOYERO, L., RAMÍREZ, A., DUDGEON, D., PEARSON, R. G. Are tropical streams really different? *Journal of the North American Benthological Society*, v. 28, n. 2, pp. 397-403, 2009.
- BUNN, S. E.; DAVIES, P. M.; MOSISCH, T. D. Ecosystem measures of river health and their response to riparian and catchment degradation. *Freshwater Biology*, v. 41, pp. 333-345, 1999.
- BUNN S. E.; DAVIES P. M. Biological processes in running waters and their implications for the assessment of ecological integrity. *Hydrobiologia*, v. 422/423, pp. 61-70, 2000.

- BUSS, D. F. et al. Stream biomonitoring using macroinvertebrates around the globe: a comparison of large-scale programs. *Environmental monitoring and assessment*, v. 187, n. 1, pp. 1-21, 2015.
- CAMPOS, J. de O.; CHAVES, H. M. L. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 1, pp. 157-169, 2020.
- CARDINALE, B. J.; DUFFY, J. E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, v. 486, n. 7401, pp. 59-67, 2012.
- CASAS, J., GESSNER, M. O., LOPEZ, D., DESCALS, E. Leaf-litter colonisation and breakdown in relation to stream typology: insights from Mediterranean low-order streams. *Freshwater Biology*, v. 56, n. 12, pp. 2594-2608, 2011.
- CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P. et al. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, v. 6, n. 4, pp. 217-229, 2013.
- CASTRO, J. E. Agua y gobernabilidad: entre la ideología neoliberal y la memoria histórica. *Cuadernos del Cendes*, v. 22, n. 59, 2005.
- CASTRO, J. E. Water governance in the twentieth-first century. *Ambiente & Sociedade*, v. X, n. 2, 2007.
- CASTRO, R. B.; PEREIRA, J. L. G.; SATURNINO, R.; MONTEIRO, P. S. D.; ALBERNAZ, A. L. K. Identification of priority areas for landscape connectivity maintenance in the Xingu Area of Endemism in Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, v. 50, n. 1, pp. 68-79, 2020.
- CHAPMAN, P. M. Ecosystem health synthesis: can we get there from here? *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, v. 1, n. 1, pp. 69-79, 1992. CHESHIRE, K., L. BOYERO, AND R. G. PEARSON. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. *Freshwater Biology*, v. 50, pp. 748-769, 2005.
- CHAVES, T.A. Análise do Custo Econômico da Erosão em uma Bacia Hidrográfica Ocupada por Agricultura – Um Estudo de Caso na Bacia do Rio Jardim-DF. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, 86p., 2011.
- CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; BARNOSKY, A. D.; GARCÍA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, v. 1, n. 5, pp. e1400253, 2015.
- COE, M. T.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, M. E.; AMSLER, M. L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. *Biogeochemistry*, v. 105, n. 1-3, 119-131, 2011.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio-Ambiente). Resolução 357 do Conselho Nacional de Meio-Ambiente, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União 1-23, 2005.
- COVINO, T. Hydrologic connectivity as a framework for understanding biogeochemical flux through watersheds and along fluvial networks. *Geomorphology*, v. 277, pp. 133-144, 2017.
- CRIST, M. R.; WILMER, B.; APLET, G. H. Assessing the value of roadless areas in a conservation reserve strategy: biodiversity and landscape connectivity in the northern Rockies. *Journal of Applied Ecology*, v. 42, pp. 181-191, 2005.
- CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal complex systems*, v. 1695, n. 5, pp. 1-9, 2006.
- CUMMINS, K.W. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience* 24:631–641. 1974.
- CUNHA, E. S. M.; THEODORO, H. D. *Desenho institucional, democracia e participação: conexões teóricas e possibilidades analíticas*. Belo Horizonte: Ed. D'Plácido, 2014.
- DAILY, G. Ecological forecasts. *Nature*, v. 411, n. 6835, pp. 245-245, <https://doi.org/10.1038/35077178>. 2001.

- DAWSON, T. P.; JACKSON, S. T.; HOUSE, J. I. et al. Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, v. 332, pp. 53-58, 2011.
- DIDUCK, A. Critical education in resource and environmental management: Learning and empowerment for a sustainable future. *Journal of Environmental Management*, v. 57, pp. 85-97, 1999.
- DOUROJEANNI, A.; JOURAVLEV, A. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. *CEPAL – Comissão econômica para América Latina e Caribe*, 2002.
- DUARTE, S.; PASCOAL, C.; CÁSSIO, F.; BÄRLOCHER, F. Aquatic hyphomycete diversity and identity affect leaf litter decomposition in microcosms. *Oecologia*, v. 147, n. 4, pp. 658-666, 2006.
- DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, v. 81, p. 163-182, 2006.
- DUNN, H. Can conservation assessment criteria developed for terrestrial systems be applied to river systems? *Aquatic Ecosystem Health and Management*, v. 6, pp. 81-91, <https://doi.org/10.1080/14634980301478>. 2003.
- DURO, D. C.; COOPS, N. C.; WULDER, M. A.; HAN, T. Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. *Progress in Physical Geography*, v. 31, n. 3, pp. 235-260, 2007.
- EMBRAPA. Classes de declividade. 1979. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf>> Acesso em: 05 fev. 2021.
- EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- EMENIKE, P. C.; TENEBE, I. T.; NERIS, J. B.; OMOLE, D. O.; AFOLAYAN, O.; OKEKE, C. U.; EMENIKE, I. K. An integrated assessment of land-use change impact, seasonal variation of pollution indices and human health risk of selected toxic elements in sediments of River Atuwara, Nigeria. *Environmental Pollution*, v. 265, pp. 114795, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114795>. 2020.
- ENGELHARD SL; HUIJBERS CM; KOSTER-STEWART B; OLDS AD; SCHLACHER TA; CONNOLLY RM. Prioritising seascape connectivity in conservation using network analysis. *Journal of Applied Ecology* 54: 1130-1141. 2017.
- ERÖS, T.; SCHMERA, D.; SCHICK, R. S. Network thinking in riverscape conservation—a graph-based approach. *Biological Conservation*, v. 144, n. 1, pp. 184-192, 2011.
- ERÖS, T.; OLDEN, J. D.; SCHICK, R. S.; SCHMERA, D.; FORTIN, M. J. Characterizing connectivity relationships in freshwaters using patch-based graphs. *Landscape Ecology*, v. 27, n. 2, pp. 303-317, 2012.
- EXAVIER, R.; ZEILHOFER, P. OpenLand: Software for Quantitative Analysis and Visualization of Land Use and Cover Change. 2020.
- FAIRWEATHER, P. G. State of environment indicators of ‘river health’: exploring the metaphor. *Freshwater Biology*, v. 41, n. 2, pp. 211-220, 1999.
- FALEIRO, F. V.; LOYOLA, R. D. Socioeconomic and political trade-offs in biodiversity conservation: a case study of the Cerrado Biodiversity Hotspot, Brazil. *Diversity and Distributions*, v. 19, n. 8, pp. 977-987, 2013.
- FEIO, M. J.; REYNOLDSON, T. B.; FERREIRA, V.; GRAÇA, M. A. S. A predictive model for freshwater bioassessment (Mondego River, Portugal). *Hydrobiologia*, v. 589, n. 1, pp. 55-68, 2007.
- FEIO, M. J.; POQUET, J. M. Predictive models for freshwater biological assessment: statistical approaches, biological elements and the Iberian Peninsula experience: a review. *International Review of Hydrobiologia*, v. 96, n. 4, pp. 321-346, 2011.

- FEIO, M. J.; AGUIAR, F. C.; ALMEIDA, S. F. P.; FERREIRA, M. T. AQUAFLORA: a predictive model based on diatoms and macrophytes for streams water quality assessment. *Ecological Indicators*, v. 18, pp. 586-598, 2012.
- FEIO, M. J.; VIANA-FERREIRA, C.; COSTA, C. Testing a multiple machine learning tool (HYDRA) for the bioassessment of fresh waters. *Freshwater Science*, v. 33, n. 4, pp. 1286-1296, 2014.
- FEIO, M. J.; LEITE, G. F. M.; REZENDE, R. S. et al. Macro-scale (biomes) differences in neotropical stream processes and community structure. *Global Ecology and Conservation*, v. 16, pp. e00498, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00498>. 2018.
- FICETOLA, G. F. et al. DNA from lake sediments reveals long-term ecosystem changes after a biological invasion. *Science Advances*, v. 4, pp. eaar4292, 2019.
- FOLEY, M. M.; HALPERN, B. S.; MICELI, F. et al. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, v. 34, pp. 955-966, 2010.
- FRANÇA, J. S.; SOLAR, R.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. *Ambio*, <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1122-z>. 2018.
- FRANZOLIN, F.; GARCIA, P. S.; BIZZO, N. Amazon conservation and students' interests for biodiversity: The need to boost science education in Brazil. *Science advances*, v. 6, n. 35, pp. eabb0110, 2020.
- FREIRE, L. M.; MICELI, B. S.; MERINO, C. Análisis del discurso en libros de textos de ciencias y su relación con aspectos sociocientíficos: implicaciones para la formación docente. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, v. extra., pp. 1601-1607, 2014.
- FREIRE, L. M. Educação Científica e Educação Ambiental nos discursos sobre água no livro didático de ciências. In: VII ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 2013, Rio Claro. Anais do VII EPEA. Rio Claro: UNESP, p. T-0159. 2013.
- FREY, K. Abordagens de governança em áreas metropolitanas da América Latina: avanços e entraves. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 4, n. 1, 2012.
- GARDNER, L. R. Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology*, v. 379, n. 3-4, pp. 351-359, 2009.
- GDF. Política de Educação Patrimonial da Secretaria de Estado da Educação do Distrito Federal, Portaria 265. 2016.
- GESSNER, M.O & CHAUVET, E. A Case for Using Litter Breakdown to Assess Functional Stream Integrity. *Ecological Applications*. 12(2):498-510. 2002.
- GESSNER M.O. Ergosterol as a measure of fungal biomass. In: Methods to Study Litter Decomposition. A Practical Guide. (Eds M.A.S. Graça, F. Barlöcher & M.O. Gessner), pp. 189–195. Springer, The Netherlands. 2005.
- GESSNER M.O. & E. CHAUVET. Ergosterol-to-biomass conversion factors for aquatic hyphomycetes. *Applied and Environmental Microbiology* 59:502–507. 1993.
- GESSNER M.O., and A.L. SCHMIDT. Use of solid-phase extraction to determine ergosterol concentrations in plant tissue colonized by fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 62:415–419. 1996.
- GILLESPIE, T. W.; FOODY, G. M.; ROCCHINI, D.; GIORGI, A. P.; SAATCHI, S. Measuring and modelling biodiversity from space. *Progress in physical geography*, v. 32, n. 2, pp. 203-221, 2008.
- GIMENES, K. Z., CUNHA-SANTINO, M. D., & BIANCHINI JR, I. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 4, pp. 1036-1073, 2010.
- GODFREY, L.; TODD, C. Defining Thresholds for Freshwater Sustainability Indicators within the Context of South African Water Resource Management. In: WARFA/ WATERNET SYMPOSIUM: INTEGRATED WATER RESOURCE MANAGEMENT: THEORY,

- PRACTICE, CASES, 2., 2001. Cape Town, South Africa. 2001. Disponível em: <<http://www.waternetonline.ihe.nl/aboutWN/pdf/godfrey.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2021.
- GONÇALVES JR, J.F., GRAÇA, M.A. AND CALLISTO, M., Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. **Journal of the North American Benthological Society**, 25(2), pp.344-355, 2006.
- GONÇALVES JR, J. F., DE SOUZA REZENDE, R., FRANÇA, J., CALLISTO, M. Invertebrate colonisation during leaf processing of native, exotic and artificial detritus in a tropical stream. *Marine and Freshwater Research*, v. 63, n. 5, pp. 428-439, 2012.
- GOMES, D. F.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; TORGAN, L. C.; TURCQ, B.; SIFEDDINE, A. Assessment of a diatom-based transfer function for the reconstruction of lake-level changes in Boqueirão Lake, Brazilian Nordeste. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 415, pp. 105-116, 2014.
- GOSCH, M. S.; FERREIRA, M. E.; MEDINA, G. S. The role of the rural settlements in the Brazilian savanna deforesting process. *Journal of Land Use Science*, v. 12, n. 1, p. 55-70, 2017.
- GRAÇA, M. A. S.; MALTBY, L.; CALOW, P. Importance of fungi in the diet of Gammarus pulex (L.) and Asellus aquaticus (L.): II Effects on growth, reproduction and physiology. *Oecologia*, v. 96, n. 3, p. 304-309, 1993.
- GREEN, N. Functional polycentricity: A formal definition in terms of social network analysis. *Urban studies*, v. 44, n. 11, p. 2077-2103, 2007.
- GUERREIRO, M. J.; MARTINS, C. Parametrização das variáveis climáticas necessárias para o uso do modelo SWAT. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*, v. 1, pp.117-122, 2004.
- GULIS, V. Are there any substrate preferences in aquatic hyphomycetes? *Mycological Research*, v. 105, n. 9, pp. 1088-1093, 2001.
- GUO, F.; KAINZ, M.; SHELDON, F.; BUNN, S. E. Effects of light and nutrients on periphyton and somatic growth and fatty acid composition of grazers in subtropical streams. *Oecologia*, v. 181, pp. 449-462, 2016.
- HANDA, I. T.; AERTS, R.; BERENDSE, F.; BERG, M. P.; BRUDER, A.; BUTENSCHOEN, O. et al. Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. *Nature*, v. 509, n. 7499, pp. 218-221, 2014.
- HANSEN, M.; POTAPOV, P.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S.; GOETZ, S.; LOVELAND, T.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C.; TOWNSHEND, J. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, v. 342, n. 6160, pp. 850-853, <https://doi.org/1126/science.1244693>. 2013.
- HANSON, J. O.; SCHUSTER, R.; MORRELL, N.; STRIMAS-MACKEY, M.; WATTS, M. E.; ARCESE, P.; BENNETT, J.; POSSINGHAM, H. P. Prioritizr: Systematic Conservation Prioritization in R. R package version 5.0.3, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=prioritizr>> Acesso em: 05 fev. 2021.
- HEALTH LAND AND WATER. Healthy Land and Water Strategic Plan 2017-22. 2017. Disponível em: <https://hlw.org.au/download/healthy-land-and-water-strategic-plan-2017-22/> Acesso em: 04 fev. 2021.
- HEATHWAITE, A. L. Multiple stressors on water availability at global to catchment scales: understanding human impact on nutrient cycles to protect water quality and water availability in the long term. *Freshwater Biology*, v. 55, p. 241-257, 2010.
- HEINO, J.; MELO, A. S.; SIQUEIRA, T.; SOININEN, J.; VALANKO, S.; BINI, L. M. Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. *Freshwater Biology*, v. 60, pp. 845-869, 2015.
- HEWSON, J.; CREMA, S.; GONZÁLEZ-ROGLICH, M.; TABOR, K.; HARVEY, C. New 1 km Resolution Datasets of Global and Regional Risks of Tree Cover Loss. *Land*, v. 8, n. 1, p.14, <https://doi.org/3390/land8010014>. 2019.

- HOLLAND, W. R. The role of mesoscale eddies in the general circulation of the ocean—Numerical experiments using a wind-driven quasi-geostrophic model. *Journal of Physical Oceanography*, v. 8, n. 3, pp. 363-392, 1978.
- HUANG, X.; LU, M.; CHEN, J. Applications of systematic approaches in freshwaters conservation planning. *Chinese Science Bulletin*, v. 59, pp. 4256-4270, 2014.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Portal dos Comitês. 2019. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/site?start=5> Acesso em: 04 fev. 2021.
- INGOLD, C. T. Aquatic hyphomycetes of decaying alder leaves. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 25, n. 4, p. 339-IN6, 1942.
- INGOLD, C.T. An illustrate guide to Aquatic and Water-Borne Hyphomycetes (Fungi Imperfecti) with notes on their biology. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No 30. 1975.
- IQBAL S.H. & J. WEBSTER. 1973. Aquatic hyphomycete spora of the river Exe and its tributaries. *Transact. Brit. Mycol. Soc.* 61:331–346.
- JAIN, P.; JAIN, P. Sustainability assessment index: a strong sustainability approach to measure sustainable human development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, v. 20, n. 2, pp. 116-122, 2013.
- JIMÉNEZ, A.; MONROE, M. C.; ZAMORA, N.; BENAYAS, J. Trends in environmental education for biodiversity conservation in Costa Rica. *Environment, development and sustainability*, v. 19, n. 1, pp. 221-238, 2017.
- JOHNSON, P. T.; CHASE, J. M.; DOSCH, K. L.; HARTSON, R. B.; GROSS, J. A.; LARSON, D. J. et al. Aquatic eutrophication promotes pathogenic infection in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 40, pp. 15781-15786, 2007.
- JONES J.B., S.G. FISHER, and N.B. GRIMM. Vertical hydrological exchange and ecosystem metabolism in a Sonoran Desert stream. *Ecology* 76:942–952. 1995.
- JUGGINS, S.; BIRKS, H. J. B. Quantitative environmental reconstructions from biological data. In: BIRKS, H. J. B.; LOTTER, A. F.; JUGGINS, S.; SMOL, J. P. (Eds). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Dordrecht: Springer, pp. 431-494, 2012.
- KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, v. 6, n. 6, pp. 21–27, 1981.
- KARR, J. R., CHU, E. W. Seven foundations of biological monitoring and assessment. *Biologia Ambientale*, 20(2), 7-18. 2006.
- KEENAN, R.; REAMS, G.; ACHARD, F.; DE FREITAS, J.; GRAINGER, A.; LINDQUIST, E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment. *Forest Ecology and Management*, v. 352, pp. 9-20, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>. 2015.
- KERR, J. T.; OSTROVSKY, M. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in ecology & evolution*, v. 18, n. 6, p. 299-305, 2003.
- KNIGHT, A. T.; COWLING, R. M.; CAMPBELL, B. M. An operational model for implementing conservation action. *Conservation Biology*, v. 20, pp. 408-419, <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00305.x>. 2006.
- KROSBY, M.; TEWKSBURY, J.; HADDAD, N. M.; HOEKSTRA, J. Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation Biology*, v. 24, pp. 1686–1689, 2010.
- LANDEIRO, V. L.; HAMADA, N.; MELO, A. S. Responses of aquatic invertebrate assemblages and leaf breakdown to macroconsumer exclusion in Amazonian "terra firme" streams. *Fundamental and Applied Limnology*, v. 172, n. 1, p. 49, 2008.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 129, pp. 109-127, 2002.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. *Revista Geociências-UNG-Ser*, v. 5, n. 1, pp. 65-73, 2007.

- LATRUBESSE, E. M.; ARIMA, E.; FERREIRA, M. E.; NOGUEIRA, S. H.; WITTMANN, F.; DIAS, M. S. et. al. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice*, v. 1, n. 9, pp. e77, 2019.
- LEHNER, B.; VERDIN, K.; JARVIS, A. New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 89, pp. 93-94, 2008.
- LEMES, P.; MELO, A. S.; LOYOLA, R. D. Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, v. 23, n. 2, pp. 357-368, 2014.
- LEVIN, A.S.; LUBCHENCO, J. Resilience, robustness, and marine ecosystem-based management. *BioScience*, v. 58, pp. 27-32, 2008.
- LI, A. O. Y.; DUDGEON, D. Food resources of shredders and other benthic macroinvertebrates in relation to shading conditions in tropical Hong Kong streams. *Freshwater Biology*, v. 53, n. 10, p. 2011-2025, 2008.
- LIMA P. W.; ZAKIA, M. J. B. Hidrobiologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Eds.), *Matas ciliares conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp/FAPESP, 2001.
- LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. *Habitat fragmentation and landscape change. An ecological and conservation synthesis*. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing, 2006.
- LINKE, S.; TURAK, E.; NEL, J. Freshwater conservation planning: the case for systematic approaches. *Freshwater Biology*, v. 56, n. 1, pp. 6-20, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02456.x>. 2011.
- LIQUETE, C.; KLEESCHULTE, S.; DIGE, G.; MAES, J.; GRIZZETTI, B.; OLAH, B.; ZULIAN, G. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: a Pan-European case study. *Environmental Science and Policy*, v. 54, pp. 268-280, 2015.
- LU, B.; SUN, H.; HARRIS, P.; XU, M.; CHARLTON, M. Shp2graph: Tools to convert a spatial network into an igraph graph in R. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 7, n. 8, pp. 293, 2018.
- MAIA, A.G.; ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 116, mar. 2004.
- MAGNUSSON, W. E.; GRELLE, C. E.; MARQUES, M.; ROCHA, C. F.; DIAS, B.; FONTANA, C. S. et al. Effects of Brazil's political crisis on the science needed for biodiversity conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 6, n. 163, 2018.
- MANSANO, Cleres do Nascimento. *A escola e o bairro: percepção ambiental e interpretação do espaço de alunos do ensino fundamental*. Dissertação de Mestrado (PPG em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. Universidade Estadual de Maringá. 2006.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic planning for biodiversity conservation. *Nature*, v. 405, p. 243-253, 2000.
- MARTINS, D.R.; MARTINS, P.T. O Estudo de Bacias Hidrográficas: Uma estratégia para educação ambiental. São Carlos: Rima, 2002.
- MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. *Ecological applications*, v. 18, n. 4, pp. 885-898, 2008.
- MATHURIAU, C.; CHAUVET, E. Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the north American benthological society*, v. 21, n. 3, pp. 384-396, 2002.
- MAYER, Audrey L. Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environment international*, v. 34, n. 2, p. 277-291, 2008.
- MAYNTZ, Renate. *Nuevos desafíos de la teoría de Governance*. Instituciones y desarrollo, v. 7, n. 1, 2000.
- MCTIC – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016|2022. Brasília: MCTIC, 2016.
- MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; SILVA, M. E.; RIBEIRO, J. F.; HENRIQUES, R. P. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado sensu stricto. *Brazilian Journal of Botany*, v. 26, n. 4, pp. 437-444, 2003.

- MESTRE, F.; SILVA, B. *lconnect: Simple Tools to Compute Landscape Connectivity Metrics*. R package version 0.1.0, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/lconnect/index.html> Acesso em: 06 fev. 2021.
- MICELI, B.; FREIRE, L. Água e sociedade: o que abordam os livros didáticos do ensino fundamental, 2014, Niterói. Anais. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO AMBIENTE. Niterói, RJ. 2014.
- MINAYO, M. C. de S; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis, RJ, 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Gestão sócio-ambiental nas escolas públicas: A3P*. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Departamento de Produção e Consumo Sustentáveis. -- Brasília, DF: MMA, 2017.
- MINSHALL, G. W. Bringing biology back into water quality assessments. In: COMMITTEE ON INLAND AQUATIC ECOSYSTEMS - *Freshwater ecosystems: revitalizing educational programs in limnology*, USA: NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996, pp. 289-324. 1996.
- MORAIS, R. P. *Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a foz do rio Cristalino na ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.
- MOREIRA, T. et al. Educação ambiental e Gestão das Águas no ensino formal. *Política de águas e Educação Ambiental: processos dialógicos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos*. Brasília: MMA/SRHU, p. 80-85, 2013.
- MORLEY, S. A.; KARR, J. R. Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound Basin. *Conservation Biology*, v. 16, n. 6, p. 1498-1509, 2002.
- MOSS, B. Rapid shredding of leaves by crabs in a tropical African stream. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, v. 29, n. 1, pp. 147-150, 2005.
- MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Rio de Janeiro, 1997.
- MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. 1996. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4097245/mod_resource/content/2/manual_23serroa_55motta.pdf> Acesso em: 04 fev. 2021.
- MOULTON, T. P., MAGALHAES-FRAGA, S. A., BRITO, E. F., BARBOSA, F. A. Macroconsumers are more important than specialist macroinvertebrate shredders in leaf processing in urban forest streams of Rio de Janeiro, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 638, n. 1, pp. 55-66, 2010.
- NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, A. Novos desafios do carbono no manejo conservacionista. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, Aracaju. Resumos... Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM. 5 p. 2006,
- NATURAL CAPITAL. Natural Capital Project, InVEST. 2020. Disponível em: <<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>> Acesso em: 10 fev. 2021.
- NEL, J. L.; ROUX, D. J.; ABELL, R. et al. Progress and challenges in freshwater conservation planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v.19, pp. 474-485, <https://doi.org/10.1002/aqc.1010>. 2009.
- NICHOL, C. F.; ROWLETT, D. K.; BARBOUR, S. L. A new standpipe lysimeter design for the measurement of soil matric suction. *Vadose Zone Journal*, v.7, n.3, pp. 919-929, 2008.
- NOLD, S. C.; ZWART, G. Patterns and governing forces in aquatic microbial communities. *Aquatic Ecology*, v. 32, n. 1, pp. 17-35, 1998.
- NORRIS, R.H., and C.P. HAWKINS. 2000. Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435:5– 17.
- OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. *Boletim científico*, v. 45, 1999.

- OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MÜLLER, S. C. et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity & Distributions*, v. 21, pp. 1455-1460, 2015.
- PALAVIZINI, R.S. Uma abordagem transdisciplinar à pesquisa-ação. *Revista Terceiro Incluído, Transdisciplinaridades e Temas Contemporâneos Goiânia*, <https://doi.org/10.5216/teri.v2i1.20140>. 2012.
- PETTORELLI, N.; LAURANCE, W. F.; O'BRIEN, T. G.; WEGMANN, M.; NAGENDRA, H.; TURNER, W. Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, v. 51, n. 4, pp. 839-848, 2014.
- PIMM, S. L.; RAVEN, P. Extinction by numbers. *Nature*, v. 403, n. 6772, pp. 843-845, 2000.
- PINTO, U.; MAHESHWARI, B. A framework for assessing river health in peri-urban landscapes. *Ecohydrology & Hydrobiology*, v. 14, n. 2, pp. 121-131, 2014.
- PLANALTO. Presidência da República, Casa Civil. Política Nacional de Recursos Hídricos, LEI N° 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Brasília, DF, 1997.
- PONCE, V. M. Engineering hydrology: Principles and practices. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989.
- PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.
- QU, M.; LI, H.; LI, N.; LIU, G.; ZHAO, J.; HUA, Y.; ZHU, D. Distribution of atrazine and its phytoremediation by submerged macrophytes in lake sediments. *Chemosphere*, v. 168, pp. 1515-1522, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.164>. 2016.
- QUAGLIETTA, L.; PORTO, M. SiMRiv: Individual-Based, Spatially-Explicit Simulation and Analysis of Multi-State Movements in River Networks and Heterogeneous Landscapes. R package version 1.0.4, 2019. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=SiMRiv>>. Acesso em: 06 fev. 2021.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of botany*, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.
- REYNOLDSON, T. B.; NORRIS, R. H.; RESH, V. H.; DAY, K. E.; ROSENBERG, D. M. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 16, n. 4, pp. 833-852, 1997.
- RICCIARDI, A. Are modern biological invasions an unprecedented form of global change? *Conservation Biology*, v. 21, n. 2, pp. 329-336, 2007.
- RINCÓN, G.; SOLANA-GUTIERREZ, J.; ALONSO, C.; SAURA, S.; DE JALÓN, D. G. Longitudinal connectivity loss in a riverine network: accounting for the likelihood of upstream and downstream movement across dams. *Aquatic Sciences*, v. 79, n. 3, pp. 573-585, 2017.
- ROCHA, R.; ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. *Revista Tópos*, v. 1, n. 2, pp. 81-112, 2007.
- ROGERS, P.; HALL, A. W. Effective water governance. The Background papers no. 7 – GLOBAL WATER PARTNERSHIP - Technical Committee (TEC). Stockholm: Elanders Novum, 2003.
- SAITO, C. H. Quais seriam as Questões Globais que desafiam a Educação Ambiental? Para além do modismo, uma análise sistemática e uma visão sistêmica. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. Especial, pp. 4-24, 2017.
- SALES, M.A., GONÇALVES, J.F., DAHORA, J.S., MEDEIROS, A.O., Influence of leaf quality in microbial decomposition in a headwater stream in the Brazilian Cerrado: a 1-year study. *Microbial ecology*, 69(1), pp.84-94, 2015.
- SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYSEN, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, v. 232, p. 8-27, 2019.
- SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, pp. 474-492, 2007.

- SARKAR, S.; PRESSEY, R. L.; FAITH, D. P. et al. Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 31, pp. 123-159, <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.042606.085844>. 2006.
- SAURA, S.; TORNE, J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental modelling & software*, v. 24, n. 1, pp. 135-139, 2009.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H., MOREIRA, C. G., BICUDO, D. D. C. Aquatic Hyphomycetes in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga-PEFI, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 32, n. 3, pp. 411-426, 2009.
- SCHULZE, K.; KNIGHTS, K.; COAD, L.; GELDMANN, J.; LEVERINGTON, F.; EASSOM, A. et al. An assessment of threats to terrestrial protected areas. *Conservation Letters*, v. 11, n. 3, pp. e12435, 2018.
- SHELDON, F.; PETERSON, E. E.; BOONE, E. L.; SIPPEL, S.; BUNN, S. E.; HARCH, B. D. Identifying the spatial scale of land use that most strongly influences overall river ecosystem health score. *Ecological Applications*, v. 22, n. 8, pp. 2188-2203, 2012.
- SIMPSON, J. C., NORRIS, R. H. Biological assessment of river quality: development of AUSRIVAS models and outputs. In: Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. Proceedings of an international workshop held in oxford, uk, Freshwater Biological Association (FBA), pp. 125-142. 1997.
- SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 9, pp. 189-212, 2009.
- SØNDERGAARD, M.; JEPPESEN, E. Anthropogenic impacts on lake and stream ecosystems, and approaches to restoration. *Journal of Applied Ecology*, v. 44, pp. 1089-1094, 2007.
- SPÄNHOFF, B.; MEYER, E. I. Breakdown rates of wood in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 23, n. 2, pp. 189-197, 2004.
- STRAYER, D. L.; DUDGEON, D. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 29, pp. 344-358, <https://doi.org/10.1899/08-171.1>. 2010.
- STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; et. al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, v. 347, 2015.
- STEPHENSON, P. J. The Holy Grail of biodiversity conservation management: monitoring impact in projects and project portfolios. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 17, n. 4, pp. 182-192, 2019.
- SUBERKROPP, Keller. Interactions with invertebrates. In: The ecology of aquatic hyphomycetes. Springer, Berlin, Heidelberg, 1992. p. 118-134.
- SWYNGEDOUW, E. Governance innovation and the citizen: the Janus face of governancebeyond-the-State. *Urban Studies*, v. 42, n. 11, 2005.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Computing, Vienna, Austria. 2020.
- TARAKINI, T.; MABIKA, I.; DAKWA, F.; MUNDY, P.; FRITZ, H. Terrestrial threats dominate the waterbird landscape of fear in a savannah pan wetland system. *Wildlife Biology*, v. 2020, n. 2, pp. wlb.00680, 2020.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- TRAJBER, R.; MENDONÇA, P. R.O que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental? Coleção Educação para Todos. Série Avaliação no 6. Brasília: Ministério da Educação, 2007.
- TRIPP, D. "Pesquisa-ação: uma introdução metodológica". In: *Educação e Pesquisa*, 31 (3): 448-450, 2005.

- THEODORO, H. D. *Análise da gestão de recursos hídricos: um estudo de caso do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2017.
- THEODORO, H. D.; MARQUES, D. Análise de modelos institucionais de recursos hídricos, com foco em Minas Gerais, Brasil. *Revista Sustentabilidade em Debate*, v. 5, n. 1, pp. 117-135, 2014.
- THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- TORTAJADA, C. Institutions for integrated river basin management in Latin America. *Water Resources Development*, v. 17, n. 3, pp. 289-301, 2001.
- UEHLINGER U., M. NAEGELI, and S.G. FISHER. 2002. A heterotrophic desert stream? The role of sediment stability. *Western North American Naturalist* 62:466-473.
- UNESCO. The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water. 2018 Disponível em: < <https://www.unwater.org/world-water-development-report-2018-nature-based-solutions-for-water/>> Acesso em: 06 fev. 2021.
- USGS. U. S. Geological Survey. Shapefile indicating the availability of SRTM products. 2015. Disponível em: < <https://www.usgs.gov/>> Acesso em: 07 fev. 2021.
- USIO, N. Effects of crayfish on leaf processing and invertebrate colonisation of leaves in a headwater stream: decoupling of a trophic cascade. *Oecologia*, v. 124, n. 4, pp. 608-614, 2000.
- VIEIRA, L. M.; RIZZI, J.; DO COUTO, E. V.; SOUZA, D. C.; FERREIRA, P. A. L.; FIGUEIRA, R.; FROEHNER, S. Historical Pollution of an Urban Watershed Based in Geochemical, Geoaccumulation, and EROD Activity in PLHC-1 Analyses in Sediment Cores. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* v. 76, pp. 191–205, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0573-3>.
- VILELA, L; MARTHA JR, G.B; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, versão impressa ISSN 0100-204Xversão On-line ISSN 1678-3921. Pesq. agropec. bras. vol.46 no.10, Brasília, 2011.
- VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, v. 277, pp. 494-499, 1997.
- VON SCHILLER, D., MARTÍ, E., RIERA, J. L., RIBOT, M., MARKS, J. C., SABATER, F. Influence of land use on stream ecosystem function in a Mediterranean catchment. *Freshwater Biology*, v. 53, n. 12, pp. 2600-2612, 2008.
- VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P. A.; GLIDDEN, S.; BUNN, S. E.; SULLIVAN, C. A.; REIDY, C. A.; DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, v. 467, pp. 555-561, 2010.
- WEBSTER & BENFIELD. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystem. *Annual Review of Ecology and Systematics*. V17 597-597pp. 1986.
- WOLKMER, M. F. S., PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Revista Sequência*, 2013. <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>.
- WORLD BANK. 1992. *World Development Report 1992: Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.
- WRIGHT, J. F. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Australian Journal of Ecology*, v. 20, n. 1, p. 181-197, 1995.
- ZAHAWI, R. A.; DANDOIS, J. P.; HOLL, K. D.; NADWODNY, D.; REID, J. L.; ELLIS, E. C. Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery. *Biological Conservation*, v. 186, pp. 287-295, 2015.