

Plano de atividades – Bolsa de Postdoc

1. **Titulo do projeto:** *Relação entre diversidade de fitoplâncton e disponibilidade de luz: caso de estudo para a planície de inundação da bacia amazônica.*
2. **Pesquisador Responsável:** Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo
3. **Instituição:** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
4. **Resumo:** Com o objetivo de verificar o impacto da transparência da água (Kd e secchi) sobre biodiversidade espaço-temporal de fitoplâncton na planície de inundação amazônica, um Postdoc desenvolverá estudo em três áreas previamente selecionadas da planície de inundação amazônica. Inicialmente o Posdoc organizara a base de dados disponível, que consiste de medidas ópticas (Kd e Rrs), limnológicas (Chl-a, turbidez, secchi) e de taxonomia do fitoplâncton, coletadas ao longo da última década além de realizar coletas complementares. Utilizando imagens ópticas de satélite de sensoriamento remoto o candidato desenvolverá modelos, empíricos e semi-analíticos, para estimativa da concentração de clorofila e de transparência da água. O passo seguinte será o desenvolvimento de modelos para identificação de grupos funcionais de fitoplâncton a partir dos modelos de transparência de água. A atividade final do candidato será a geração de mapas de clorofila, de disponibilidade de luz na coluna d'água e da comunidade fitoplanctônica para a planície de inundação amazônica em escala local e regional. Os resultados deste estudo serão divulgados na forma de artigos científicos e apresentação de trabalhos em congressos.
5. **Descrição dos objetivos:** O candidato selecionado trabalhará dentro de um projeto amplo e interdisciplinar envolvendo pesquisadores de instituições, nacionais e internacionais. O trabalho será desenvolvido no contexto do “Balancing *BiO*diversity *CoN*servation with *Development* in Amazonian Wetland*S*” (BONDS). O objetivo é desenvolver e calibrar um modelo, a partir de imagens de satélite, que permita mapear a distribuição espaço temporal da transparência da água, da clorofila-a e dos grupos fitoplanctônicos predominantes na planície de inundação amazônica. As atividades relacionadas ao objetivo listado acima correspondem a Task 1.2 da proposta BONDS, contribuindo secundariamente para as Tasks 2.1,2.2 e 2.4. O objeto de pesquisa de responsabilidade do Postdoc selecionado responderá a seguinte pergunta: Qual o impacto da disponibilidade de luz na coluna d'água nos grupos fitoplanctônicos predominantes na planície de inundação amazônica? Para responder esta pergunta os seguintes objetivos específicos deverão ser executados:
 - a) Organizar a base de dados in situ obtida pela equipe do Labisa (<http://www.dpi.inpe.br/labisa/>) na última década e realizar coletas in situ suplementares;
 - b) Fazer um levantamento das imagens ~~ópticas~~ dos satélites sensoriamento remoto disponíveis e coincidentes com as datas das coletas realizadas previamente e realizar a correção atmosférica destas imagens;
 - c) Desenvolver um modelo de transparência da água a partir de imagens selecionadas;

- d) Desenvolver modelos para identificação de grupos funcionais de fitoplâncton a partir de modelos de transparência de água;
- e) Gerar mapas de disponibilidade de luz na coluna d'água e da comunidade fitoplanctônica para a planície de inundação amazônica a partir dos modelos desenvolvidos.
- f) Desenvolver artigos científicos para divulgação dos resultados em periódicos internacionais.

6. Plano de trabalho

6.1. Área de estudo

Três locais dentro da região de estudo do projeto BONDS foram selecionadas para investigar a relação entre a diversidade de fitoplâncton e a disponibilidade de luz: a planície de inundação do Lago Grande do Curuai (LGC), lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM) e a reserva extrativista (RESEX) de médio Juruá. O LGC está localizado próximo das cidades de Óbidos e Santarém ($2,25^{\circ}\text{S } 55,33^{\circ}\text{O}$) e a 900 km a montante do oceano Atlântico. Este possui em torno de 3.500 km² de área inundada, contendo um sistema complexo com 30 lagos rasos e interconectados. A RDSM foi criada pelo estado do Amazonas em 1996 e é uma das unidades brasileiras representadas na United Nations Ramsar Convention. Está localizada na confluência dos rios Japurá e Solimões ($2,26^{\circ}\text{S } 65,68^{\circ}\text{O}$), próxima a cidade de Tefé. Esta possui em torno de 11.000 km², contendo mais de 5000 lagos de até 9 km² de área. A RESEX Médio Juruá foi criada pelo estado do Amazonas em 1997 e está localizada ao longo do trecho médio do rio Juruá, próxima a cidade de Caruaru ($5,73^{\circ}\text{S } 67,78^{\circ}\text{O}$). Esta possui em torno de 14.000 km² com 80 lagos de várzea. Para a primeira área, o grupo possui dados de transparência e taxonomia, para a segunda dados completos de medidas ópticas, limnologias e de taxonomia, e para a terceira, não possui nenhum conjunto de dados coletados in situ.



Figure 1 Amazon basin, showing floodplains of Amazon river and major tributaries and focus sites in Brazil (1-Curuai; 2-Janauaca; 3-Juruá; 4-Leticia)

6.2. Metodologia:

Para avaliar qual o impacto da disponibilidade de luz nos grupos fitoplanctônicos predominantes nos lagos da planície de inundação amazônica, o candidato selecionado deverá desenvolver as seguintes etapas (Figura 1): (i) organizar a base de dados, planejar e realizar coletas *in situ* suplementares; (ii) desenvolver modelos de clorofila-a e de transparência da água a partir de imagens ópticas de satélites de sensoriamento remoto; (iii) desenvolver modelos de grupos funcionais de fitoplâncton a partir de modelos de transparência de água; (iv) gerar mapas de clorofila-a, da disponibilidade de luz na coluna d'água e da comunidade fitoplanctônica para lagos da planície de inundação amazônica a partir dos modelos desenvolvidos. A seguir detalha-se as etapas listadas acima:

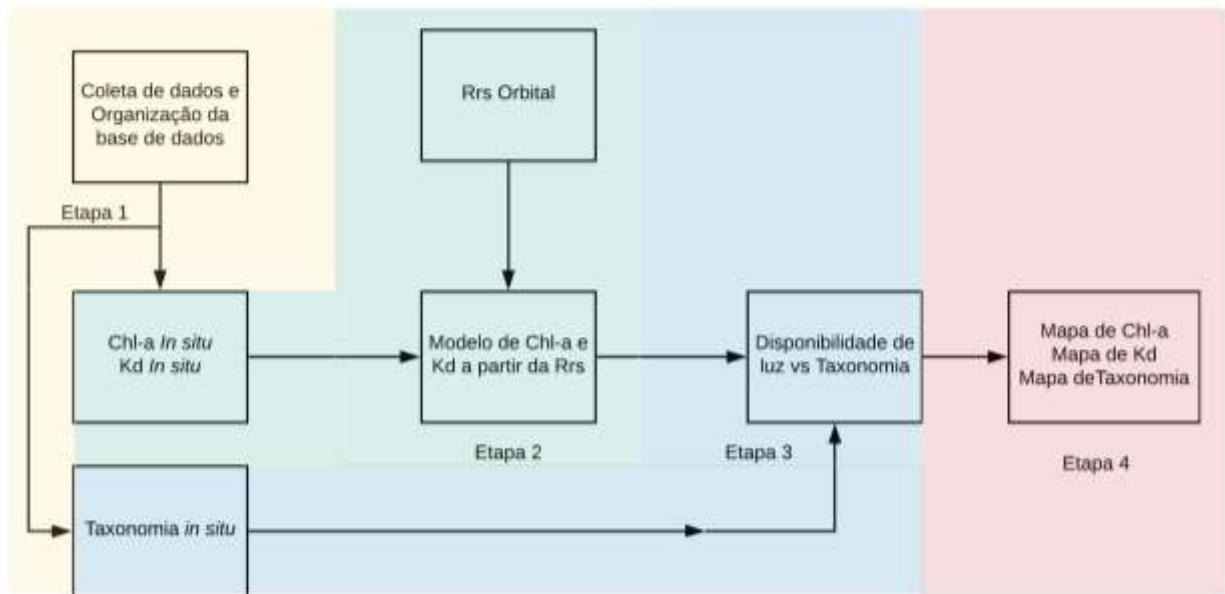


Figura 1- Etapas da metodologia a ser aplicada

- i) Para completar a base de dados *in situ*, a qual será usada para validação dos modelos a serem desenvolvidos, coletas de dados serão feitas na planície de Curuai e na de Juruá, os quais serão integrando aos dados já disponíveis na base de dados. Serão coletadas medidas ópticas (K_d e Rrs), limnológicas ($Chl-a$, turbidez, secchi) e de taxonomia do fitoplâncton (Micro e Nanoplâncton). Cada missão de coleta terá a duração de 6 dias. Além de ser responsável pelo planejamento e coletas dos dados *in situ*, o candidato deverá fazer um levantamento das imagens de satélites disponíveis e coincidentes com as datas das coletas realizadas previamente.
- ii) Para desenvolver modelos de clorofila-a e de transparência da água o candidato deverá realizar a correção atmosférica das imagens identificadas na etapa anterior, processar os dados ópticos obtidos *in situ*, calibrar e validar os modelos de clorofila-a e de transparência disponíveis na literatura e avaliar os que apresentam melhor desempenho;

- iii) Para desenvolver um modelo de grupos funcionais de fitoplâncton a partir de modelos de transparência de água, o candidato deverá realizar análises de correlação entre os dados taxonômicos coletados e as medidas de transparências obtidas in situ.
- iv) Para geração de mapas de clorofila-a, de disponibilidade de luz na coluna d'água e da comunidade fitoplanctônica para a planície de inundação amazônica a partir dos modelos desenvolvidos, o candidato deverá fazer um levantamento de todas as imagens disponíveis dos sensores selecionados, realizar a correção atmosférica das imagens dos sensores Sentinel-2/MSI e Sentinel-3/OLCI e implementar os três modelos desenvolvidos, obtendo no final uma série histórica de mapas de clorofila-a, de transparência da água e da comunidade fitoplanctônica para a planície de inundação.

6.3. Cronograma de resultados previstos:

As atividades de pesquisa seguirão o seguinte cronograma previsto.

Atividades	Ano 1				Ano 2			
	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
Coletas, processamento dos dados e organização da base de dados	X	X	X	X				
Desenvolvimento de modelo de transparência da água a partir de imagens ópticas de satélites e dados in situ			X	X				
Desenvolvimento de modelos de grupos funcionais de fitoplâncton a partir de modelos de transparência de água					X	X		
Geração de mapas de disponibilidade de luz na coluna d'água e da comunidade fitoplanctônica							X	X
Divulgação dos resultados em periódicos internacionais							X	X

6.4. Justificativa para o nível de Bolsa de Post-doc

Estou solicitando uma bolsa de estudos de pós-doutorado, porque o desenvolvimento desta pesquisa depende de um candidato com ampla experiência no campo de sensoriamento remoto óptico e capacidade para colaborar com uma grande equipe multidisciplinar. O candidato deve ter uma ampla experiência no planejamento e execução de missões de campo, incluindo a operação, a calibração de um grande conjunto de equipamentos ópticos e experiência no processamento dos dados. O candidato deve ter ampla experiência na integração de dados in situ às variáveis geofísicas extraídas de imagens. O candidato deve ter também habilidades de programação e conhecimento de métodos avançados de análise estatística. Este projeto propõe inovação, de modo que a experiência e a capacidade do candidato de trabalhar independentemente serão críticas. Finalmente, o candidato deve ter

capacidade de se comunicar efetivamente com um conjunto interdisciplinar de colaboradores internacionais e de comunicar os resultados de suas pesquisas em periódicos competitivos..

6.5. Justificativa para o plano em termos dos objetivos dos programas de Bolsas Post-doc

Este projeto atende aos objetivos do programa FAPESP de incorporar temporariamente cientistas promissores em início de carreira que contribuirão com seu conhecimento de Sensoriamento Remoto para o desenvolvimento de produtos que auxiliem estudos relativos à Ecologia dos Peixes e ao manejo da pesca de modo a preservar a provisão de serviços ecossistêmicos dos lagos de várzea à população ribeirinha. O candidato terá a oportunidade de desenvolver suas habilidades de pesquisa, colaborar com uma equipe internacional de cientistas de várias disciplinas e publicar importantes resultados de pesquisas..

Plano de atividades – Bolsa de Postdoc

1. **Titulo do projeto:** Efeitos da conectividade hidrológica sobre a pesca nos lagos de várzea na Amazônia
2. **Pesquisador Responsável:** Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo
3. **Instituição:** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
4. **Resumo:** Com o objetivo de avaliar como a conectividade hidrológica afeta a produtividade pesqueira dos lagos de várzea, nas condições atuais e em cenários de mudanças globais, um Postdoc trabalhará no médio Rio Juruá, Amazonas, Brasil. O candidato coletará dados de pesca e de habitat em campo, literatura e usando uma variedade de outros. Usando métodos avançados de análise estatística, o candidato vai modelar a quantidade de peixe de diferentes espécies capturadas pelos pescadores nos lagos em função dos respectivos níveis de conectividade hidrológica e dados de vegetação, relevo, níveis de água, profundidade e área dos lagos. O candidato também colaborará na análise dos efeitos da conectividade hidrológica na distribuição espacial e temporal dos padrões de diversidade de peixes, fitoplâncton e zooplankton caracterizadas pelo *environmental DNA metabarcoding (eDNA)*.
5. **Descrição dos objetivos:** O candidato selecionado trabalhará dentro de um projeto amplo e interdisciplinar envolvendo pesquisadores de outras instituições (e.g., Dr. Leandro Castello, Virginia Tech). O trabalho a ser desenvolvido contribuirá para alcançar os objetivos do projeto maior, o qual se intitula: “Balancing *Bi*Odiversity *Co*Nservation with *De*velopment in Amazonian WetlandS” (BONDS). O objetivo é desenvolver cenários de biodiversidade e serviços de ecossistema para as planícies de alagação ‘várzeas’ da Bacia Amazônica brasileira. Os objetivos listados correspondem às Task 2.4 da proposta BONDS, contribuindo secundariamente para as Tasks 1.1, 2.2, 2.3 e 2.5. Especificamente, o candidato trabalhará na avaliação do impacto da conectividade hidrológica sobre a produtividade da pesca na região do médio rio Juruá. O candidato terá a responsabilidade em alcançar os seguintes objetivos da pesquisa:
 - a) Coletar de dados de pesca realizada por pescadores locais durante um ano hidrológico completo;
 - b) Coletar em campo e usar ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para integrar dados de bases já existentes e produtos de sensoriamento remoto provenientes do projeto BONDS para a caracterização do habitat em termos de vegetação, relevo, nível da água, profundidade, área de água aberta na planície e canais de conexão.
 - c) Colaborar com participantes do projeto para integrar dados in situ em mapas em ambiente SIG para mapear e quantificar os níveis de conectividade hidrológica da área de estudo.
 - d) Usar métodos de regressão estatística para modelar a quantidade de peixe de diferentes espécies capturadas pelos pescadores nos lagos em função dos níveis de conectividade hidrológica e dados de vegetação, relevo, níveis de água, profundidade, área dos lagos, entre outras variáveis.
 - e) Usar produtos derivados de modelagem hidroclimática resultantes do projeto BONDS para avaliar o efeito de mudanças climáticas sobre a conectividade dos lagos e a pesca.

- f) Desenvolver um ou mais manuscritos científicos documentando a pesquisa para submissão a publicação em jornais internacionais e de reputação.

6. Plano de trabalho

6.1. Metodologia:

A área de estudo será a Reserva Extrativista do Médio rio Juruá, no rio Juruá (Figura 1), em 80 lagos de várzea, dentro e fora (rio acima e abaixo) de duas grandes reservas contíguas de uso sustentável, ao longo do trecho médio do rio Juruá, o segundo maior afluente do rio Amazonas (Campos-Silva & Peres 2016). A paisagem de estudo de aproximadamente 14.000 km² contém dois tipos principais de floresta: 17.7% da floresta sazonalmente inundada (várzea) ao longo da ampla planície de inundação e 82.3% da floresta de terra firme que raramente é inundada. As estações chuvosa e seca coincidem com os períodos de águas altas (janeiro-junho) e baixa da planície de inundação (agosto-novembro), com um pulso de inundação prolongado frequentemente superior a 10 m em amplitude. Nesta área, a Reserva Extrativista do Médio Juruá (RESEX Médio Juruá), é ocupada por cerca de 2000 pessoas distribuídas em 23 aldeias. Também, há a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari (RDS de Uacari), administrada pelo estado, com 632.949 hectares (5 ° 43'58 " S, 67 ° 46'53 " O), onde cerca de 1.200 pessoas vivem em 32 povoados (Campos-Silva & Peres 2016).

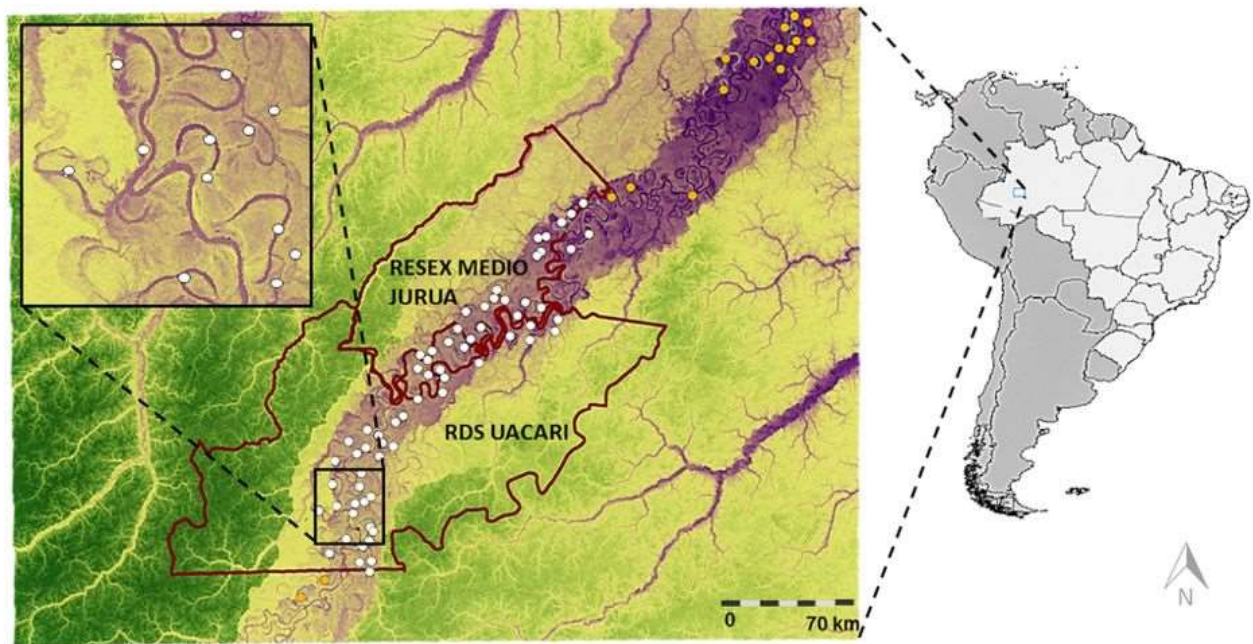


Figura 1. Área de estudo no Rio Juruá. (Figura adaptada de Campos-Silva & Peres 2016).

Para avaliar como a conectividade hidrológica afeta a produtividade pesqueira dos lagos de várzea, o candidato selecionado vai: (i) desenvolver um sistema de coleta de dados de pesca, (ii) coletar dados de vegetação, relevo, níveis de água, e profundidade e área dos lagos; (iii) mapear e quantificar níveis de conectividade hidrológicas da área de estudo, e (iv) modelar produtividade pesqueira dos lagos em função da conectividade hidrológica.

- a) Para desenvolver um sistema de coleta de dados de pesca realizada por pescadores locais durante um ano hidrológico completo, o candidato vai coletar dados por meio de entrevistas domiciliares com base no recolhimento diário pelos pescadores de dados de

viagem de pesca no dia anterior durante os últimos sete dias de cada mês. Em geral, pescadores de cerca de 20% das casas de cada comunidade serão entrevistados a cada mês. Este método é custo-efetivo e confiável. Os dados recolhidos incluirão: lago de pesca, peso das capturas por espécie, número de pescadores envolvidos, tempo gasto em pesca, artes de pesca, habitat e destino das capturas. Estima-se que serão realizadas mais de 10,000 entrevistas.

- b) Para coletar dados sobre vegetação, relevo, níveis de água, e profundidade e área dos lagos, o candidato coletará dados sobre vegetação, relevo, nível da água, morfotria do lago e organizara as informações em uma base dados SIG expandindo a base de dados previamente compilada para um subconjunto de dados Campos-Silva (2016) sob Projeto Médio Juruá (<http://www.projetoediojuruu.org/>). As atividades do bolsista incluiram coletar dados batimétricos nas diferentes fases da hidrógrafa (nível mínimo, máximo, enchente e vazante); profundidade da água estimada pelo disco de Secchi; condutividade medida em $\mu\text{S}/\text{cm}$ usando condutivímetros; cobertura por macrófitas inicialmente mapeada em campo e posteriormente medida de modo independente por imagens de satélite. Dados de cobertura vegetal serão obtidos de mapas prévios (Hawes et al. 2012) e mapas atualizados produzidos pelo IRD como produto do projeto BONDS. Dados de nível de água serão coletados em campo e relacionados aos dados de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas e estações fluviométricas virtuais derivadas de altimetria por satélite fornecido pelo IRD. Dados de relevo serão fornecidos pela base de dados NASADEM (SRTM reprocessado).
- c) Para mapear e quantificar os níveis de conectividade hidrológica da área de estudo, o bolsista irá colaborar com os participantes do IRD, UCSB, e F.S. Univ. Jena na integração de observações de campo e dados de sensoriamento remoto e de modelagem hidrológica. Quatro tipos de conectividade hidrológica serão considerados: lago-lago, lago-rio, canais de planície, lago-planície via inundação, lago-terra firme, via drenagem de terra firme. Para isso serão usados dados dos satélites Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat OLI, e RapidEye, bem como dados históricos do ALOS PALSAR, Landsat, e a RapidEye. A conectividade em termos de duração da conexão será avaliada para o presente e para condições climáticas futuras.
- d) Para modelar produtividade pesqueira dos lagos em função dos respectivos níveis de conectividade hidrológicas e dados de vegetação, relevo, níveis de água, e profundidade e área dos lagos, o candidato vai usar técnicas de regressão tais como modelos de regressão linear generalizado (GLM). Primeiro, as variáveis de habitat serão “especializadas” antes da análise. Essa abordagem permitirá explicar a autocorrelação espacial sem sacrificar graus de liberdade em modelos subsequentes, devido à necessidade de incluir variáveis espaciais separadas. Uma matriz de distância euclidiana de coordenadas de localização de amostragem (latitude e longitude) será calculada usando a função `spDistsN1` no pacote `sp` em R. A matriz de distância será submetida a uma análise de coordenadas principais de matrizes de vizinhança (PCNM) usando a função `PCNM` do pacote `PCNM` de R. Este procedimento identificará gradientes significativos no agrupamento espacial de locais de amostragem testando a significância na autocorrelação espacial de autovetores de Moran ($\alpha = 0,05$). Em seguida, todos os autovetores espaciais significativos com autovalores positivos produzidos pela análise PCNM serão retidos e usados como potenciais variáveis independentes em modelos de regressão linear múltipla para predizer o efeito de cada variável de habitat, incluindo conectividade, sobre a produtividade pesqueira. O modelo

- ótimo para cada variável de habitat será identificado com base no valor mais baixo do critério de informação de Akaike (AIC) usando a função stepAIC no pacote MASS de R. Finalmente, os modelos de regressão subsequentes para cada variável serão criados usando apenas os preditores espaciais do modelo para cada variável de habitat. Os valores previstos desses modelos representam tanto os gradientes espaciais quanto as características do habitat e serão retidos como fatores que predizem a produtividade pesqueira. A produtividade pesqueira será medida em termos de kilos de peixe pescado.
- e) O bolsista colaborará com as equipes BONDS no desenvolvimento das Tasks 1.1, 2.2, 2.3, e 2.5 em termos de fornecer dados in situ para a validação das análises de sensoriamento remoto (1.1) na avaliação dos efeitos padrão de conectividade, da presente e futuro, sobre a movimentação dos peixes (2.2), redes de interações peixe-frutos (2.3) e padrões espaciais de peixes, fitoplancton e zooplancton (2.5).
- f) Os resultados das análises acima serão posteriormente descritas em um manuscrito e submetidos para consideração para publicação em jornais científicos de reputação internacional.

6.2. Cronograma de resultados previstos:

As atividades de pesquisa seguirão o seguinte cronograma previsto.

Tarefas	Ano 1				Ano 2			
	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
Realizar coleta de dados de pesca	X	X	X	X				
Coletar dados de vegetação, relevo, níveis de água, e profundidade e área dos lagos.		X	X	X				
Mapear e quantificar níveis de conectividade hidrológicas da área de estudo		X	X	X	X			
Modelar produtividade pesqueira dos lagos em função da conectividade hidrológica					X	X	X	
Desenvolver manuscrito e submeter para publicação						X	X	X

6.3. Justificativa para o nível de Bolsa de Post-doc.

Eu estou solicitando uma Bolsa de Post-doc, pois o desenvolvimento deste trabalho depende do envolvimento de uma equipe multidisciplinar especializada, cuja pesquisa precisa do apoio de um profissional com ampla experiência na área de Ecologia de Peixes. O profissional deve possuir um perfil multidisciplinar, com habilidades bem desenvolvidas para trabalho de campo e análises quantitativas. Este projeto propõe inovação, portanto a experiência do candidato será fundamental para a sua capacidade de articulação com os demais especialistas da equipe, iniciativa na proposta de possíveis soluções tecnológicas que possam agregar valor ao produto final e maior agilidade no desenvolvimento dos módulos do sistema dentro do cronograma previsto. Em especial, não só deverá o candidato entender bem a ecologia de peixes e pesca em sistemas de água doce, o candidato também deverá integrar dados de sensoriamento remoto, SIG, hidrologia, e habitat. A integração estatística desse conjunto de dados é complexa, e requer nível de experiência prévia de doutorado e

maturidade intelectual. Capacidade de comunicação efetiva com um conjunto interdisciplinar de colaboradores internacionais também é necessário.

6.4. Justificativa para o plano em termos dos objetivos das Bolsas Post-doc

Esse projeto encontra-se com os objetivos do programa FAPESP de incorporar temporariamente um cientista promissor que virá a contribuir com seu conhecimento sobre Ecologia de Peixes ao projeto que a equipe do INPE ora propõe. As atividades propostas promoverão o desenvolvimento profissional do candidato, e produzirão novos conhecimentos com aplicação prática.