
Anexo 10

Modelagem de Distribuição de Espécies

5.3.5.2

Modelo da Probabilidade de Ocorrência de Espécies da Fauna Terrestre

5.3.5.2.1

Metodologia

Escolha do algoritmo de modelagem

MAXENT (Phillips *et al.*, 2006) é um software para a caracterização das distribuições de probabilidades de ocorrência de espécies em determinada área, a partir de dados incompletos de ocorrências. O algoritmo do software procura a distribuição de probabilidades com máxima entropia, ou seja, a mais próxima de uniforme e, portanto, com o menor número de premissas que não são apoiadas pelos dados (Pearson, 2008). O método é baseado apenas em dados de presenças (ou seja, não inclui dados de ausência de espécies, frequentemente problemáticos) e em camadas de dados ambientais contínuos ou discretos. O algoritmo empregado pelo MAXENT mostrou ter boa performance quando comparado a outros algoritmos, e o software permite ainda calcular vários limiares alternativos, computar estatísticas de validação do modelo, bem como correr um procedimento de Jackknife que determina quais variáveis ambientais contribuem com maior peso para a previsão do modelo (Pearson, 2008).

A representação final do modelo é um mapa mostrando a distribuição prevista da espécie na área de estudo, usando um código de cores para representar a adequabilidade ambiental de cada pixel. Neste sentido, é importante notar que o que está sendo modelado é na verdade a distribuição de ambientes considerados adequados para a ocorrência da espécie, e não a distribuição da espécie propriamente dita.

Foi utilizada uma representação logística de probabilidade de presença. Nesta, a probabilidade de presença varia entre 0 e 1, sendo que localidades com condições ambientais estimadas como sendo típicas para a espécie têm probabilidade de 0,5 e cor verde. Tons mais quentes, até o vermelho, representam probabilidades progressivamente maiores que 0,5 e tons mais frios, até o azul escuro, probabilidades progressivamente menores que 0,5.

A habilidade do modelo em prever corretamente a distribuição da espécie é testada por um teste de avaliação. Para isso, particiona-se de início o conjunto de dados de registros de ocorrência em dois grupos: um conjunto de dados de 'calibração', usado na geração do modelo, e um conjunto de dados de 'teste' ou 'avaliação', que é usado para estimar a habilidade do modelo gerado em prever corretamente pontos de ocorrência conhecida. No caso, foram definidos como 75% a porcentagem dos dados de registro de ocorrência a serem usados na calibração do modelo, e 25% a serem usados na avaliação do modelo.

A performance do modelo gerado em descrever e prever a distribuição das espécies foi avaliado por meio da estatística AUC (*area under the receiver operating characteristic curve*). Das várias metodologias disponíveis para avaliar quais variáveis ambientais foram mais informativas para a elaboração de cada modelo, optou-se por nos basear no procedimento de Jackknife para o ganho que cada variável trouxe, sozinha, para a calibração do modelo (Pearson, 2008).

Sobre o número, distribuição e representatividade dos pontos de amostragem dentro da AID

Do ponto de vista espacial, a distribuição dos pontos de amostragem no sentido transversal ao rio Ji-Paraná é razoavelmente representativa. Cada um dos seis Módulos RAPELD tem 5 km de extensão perpendiculares ao rio Ji-Paraná (2 Módulos na margem esquerda, 4 na margem direita), quando comparados a entre 2,5 e 11 km de largura da AID a partir de cada margem do rio Ji-Paraná. Ou seja, os Módulos atravessam fração representativa da AID no sentido norte-sul a nordeste-sudoeste.

Por outro lado, (i) os pontos de amostragem são forçosamente agrupados espacialmente em decorrência da Metodologia de Amostragem RAPELD e (ii) as parcelas estão predominantemente localizadas em áreas florestadas; não foram realizadas amostragens representativas em ambientes de áreas abertas naturais, importantes na região do Parque Nacional dos Campos Amazônicos na margem direita, nem em áreas abertas pelo desmatamento, importantes na margem esquerda do rio Ji-Paraná. Destaca-se que estes pontos de amostragem foram acordados com o IBAMA mediante a aprovação do Plano de Trabalho que culminou na emissão das autorizações de captura, coleta e transporte de fauna (ACCT).

Tais observações são importantes porque, pelo delineamento amostral empregado, é certo que os registros de fauna não capturam toda a amplitude de condições ambientais encontradas na AID do Empreendimento.

Finalmente, é importante ressaltar que a extensão espacial da área em análise é pequena ($AID \cong 1.818 \text{ km}^2$) em relação à resolução dos dados ambientais (1 km^2).

Origem das variáveis ambientais e critérios para sua seleção

A modelagem de probabilidade de ocorrência de espécies depende de dados georreferenciados de ocorrência, bem como de dados ambientais espacializados e numa escala apropriada para a análise.

As variáveis ambientais utilizadas no modelo foram obtidas a partir do AMBDATA (INPE, 2014), metabase de dados que compila, digitaliza e sistematiza dados de 68 variáveis climáticas (base Worldclim, Global Climate Data; www.worldclim.org), 8 variáveis físicas (tipos de solos: a partir de IBGE/EMBRAPA, 2001; altitude, declividade e orientação: base TOPODATA usando dados STRM, Valeriano, 1998; densidade de drenagem: a partir de Ximenes, 2008; distância vertical à drenagem mais próxima, métrica indireta da profundidade do lençol freático, aplicando o algoritmo HAND em dados STRM) e 2 variáveis de cobertura vegetal (vegetação: a partir de IBGE, 1992; porcentagem de cobertura arbórea, usando dados do sensor MODIS). Todas as informações ambientais são apresentadas em grades com resolução espacial aproximada de 1km.

Uma vez que a modelagem da probabilidade de ocorrência de espécies deve ser baseada num número relativamente pequeno de variáveis ambientais informativas e tanto quanto possível ortogonais (isto é, independentes), como estratégia inicial de redução de dados foram selecionadas 9 variáveis climáticas (temperatura média anual, temperatura mínima do mês mais frio, temperatura máxima do mês mais quente, sazonalidade da temperatura, precipitação anual, precipitação do mês mais chuvoso, precipitação do mês mais seco, sazonalidade da precipitação), 5 variáveis físicas (tipo de solo, altitude, declividade, HAND50, densidade de drenagem) e 2 variáveis de cobertura vegetal (tipo de vegetação, porcentagem de cobertura arbórea). Assim, num

primeiro momento foram reduzidos de 78 para 16 variáveis ambientais usando critérios como complementaridade (isto é, foram descartados variáveis com alto grau de correlação esperada, e, portanto, redundância), variabilidade (isto é, foram descartadas variáveis com pequena variação esperada dentro da área de estudo) e relevância ecológica. Num segundo momento foram plotados os mapas da variação espacial de cada uma destas 16 variáveis ambientais dentro da AID para visualizar mais variáveis com alto grau de correlação espacial e, portanto, baixa complementaridade. Dois padrões de variação ficaram aparentes: sete variáveis se mostraram correlacionadas espacialmente em função do relevo, e quatro correlacionadas espacialmente no sentido noroeste-sudeste. As demais quatro variáveis apresentaram padrões únicos. Com base nestas observações e usando os mesmos critérios mencionados acima foram selecionadas, por fim, 7 variáveis ambientais, sendo 2 climáticas (precipitação anual e temperatura média anual), 3 físicas (altitude, HAND50, densidade de drenagem) e 2 de cobertura vegetal (tipo de vegetação, porcentagem de cobertura arbórea) como variáveis explanatórias para a probabilidade de ocorrência das espécies. Nas configurações do modelo, tipo de vegetação foi tratada como variável categórica; todas as demais variáveis foram tratadas como variáveis contínuas.

Critérios para seleção das espécies

A modelagem de probabilidade de ocorrência depende fundamentalmente da quantidade e distribuição de registros de ocorrência da espécie de interesse. Portanto, o primeiro critério para seleção de espécies é a definição de um número mínimo de pontos de ocorrência. Foram definidos em 15 o número mínimo de pontos de ocorrência, valor próximo de um limiar mínimo sugerido na literatura (Pearson *et al.*, 2007 se referem a um $N < 20$ como sendo tamanhos amostrais muito pequenos para modelagem de distribuição de espécies). Note que na prática o número de registros usado na modelagem foi menor do que isso uma vez que o conjunto de dados foi fracionado em dados de calibração e de validação (por exemplo, para um $N=15$ pontos, 11 são usados na calibração e 4 na validação).

Neste sentido, uma importante ressalva deve ser feita com relação ao significado ecológico dos modelos gerados. Pela própria natureza da análise, e pelo delineamento amostral abarcado pelo IBAMA, forçosamente foram obtidos tamanhos amostrais pequenos e pontos de amostragem agrupados no espaço. Espécies raras – pela própria definição - muito dificilmente ocorreriam em pontos suficientes para permitir uma análise minimamente defensável. Assim, nossa análise de distribuição de espécies se restringirá a espécies comuns e de ampla distribuição geográfica.

Modelo de ocorrência preditivo das espécies na AID com base nas condições ambientais após a instalação e operação da UHE Tabajara (considerando ADA e modelo de lençol freático)

A fim de avaliar o impacto da inundação ocasionada pela construção do empreendimento nas espécies de fauna e flora, foi construída uma nova variável ambiental. Esta variável considerou a variável HAND 50, o modelo de elevação do lençol freático e a área diretamente afetada (ADA). Foram realizados modelos de distribuição de espécies pós-instalação, onde esta nova variável (HAND 50 + ADA e Elevação do lençol freático) substituiu a variável HAND 50 nos modelos pré-instalação. Gerando então, os modelos pós-inundação, que foram utilizados para comparar as áreas mais adequadas e possíveis impactos da instalação do empreendimento.

5.3.5.3

Resultados

Dezoito espécies tiveram mais do que 15 registros de ocorrência e, portanto, atenderam aos critérios mínimos de inclusão no modelo. Entre os mamíferos, foram elas a onça pintada (*Panthera onca*) e o macaco-barrigudo (*Lagothrix cana*), um rato-do-mato (*Hylaeamys megacephalus*), duas cuícas (*Marmosops bishopi* e *Micoureus demerarae*), e os morcegos *Carollia perspicillata* e *Rhinophylla pumilio*. Entre as aves, tiveram mais que 15 registros o papagaio-dos-garbes (*Amazona kawalli*), o chorozinho-do-Aripuanã (*Herpsilochmus stotzi*) e a mãe-de-taoca-papuda (*Rhegmatorhina hoffmannsi*). Atingiram ainda os critérios mínimos de inclusão nos modelos os anfíbios *Rhaebo guttatus* e *Allobates trilineatus*, o lagarto *Dactyloa transversalis*, e as borboletas *Archaeoprepona demophon*, *Colobura dirce*, *Eunica veronica*, *Morpho helenor*, e *Temenis laothoe*.

Grandes mamíferos:

- *Panthera onca* (Felidae, onça-pintada)
- *Lagothrix cana* (Atelidae, macaco-barrigudo)

Pequenos mamíferos:

- *Marmosops bishopi* (Marsupialia, Didelphidae, cuíca)
- *Micoureus demerarae* (Marsupialia, Didelphidae, cuíca)
- *Hylaeamys megacephalus* (Rodentia, Cricetidae, rato-do-mato)

Morcegos:

- *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae, morcego)
- *Rhinophylla pumilio* (Phyllostomidae, morcego)

Aves:

- *Herpsilochmus stotzi* (Thamnophilidae, chorozinho-do-Aripuanã)
- *Rhegmatorhina hoffmannsi* (Thamnophilidae, mãe-de-taoca-papuda)
- *Amazona kawalli* (Psittacidae, papagaio dos garbes)

Répteis:

- *Dactyloa transversalis* (Dactyloidae, calanguinho ou papa-vento)

Anfíbios:

- *Allobates gr. trilineatus* (Aromobatidae, sapo)
- *Rhaebo guttatus* (Bufonidae, sapo-cururu)

Borboletas:

- *Eunica veronica* (Biblidinae, borboleta)

- *Temenis laothoe* (Biblidinae, borboleta)
- *Archaeoprepona demophon* (Charaxinae, borboleta)
- *Colobura dirce* (Nymphalinae, borboleta zebra)
- *Morpho helenor* (Satyrinae, capitão-do-mato)

Grandes Mamíferos

As espécies de grandes mamíferos que tiveram suas distribuições potenciais na AID da AHE Tabajara modeladas foram a onça-pintada (*Panthera onca*, Felidae) e o macaco-barrigudo (*Lagothrix cana*, Atelidae).

Panthera onca foi registrada em 15 pontos; 12 foram usados na calibração e 3 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,986; o AUC de calibração 0,997. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,991 e o AUC de calibração foi de 0,998.

Lagothrix cana foi registrado em 16 pontos; 12 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Considerando o cenário pré-instalação o AUC de validação foi 0,995; o AUC de calibração 0,998. Já para o cenário de pós-instalação o AUC de validação foi de 0,993 e o AUC de calibração foi de 0,997.

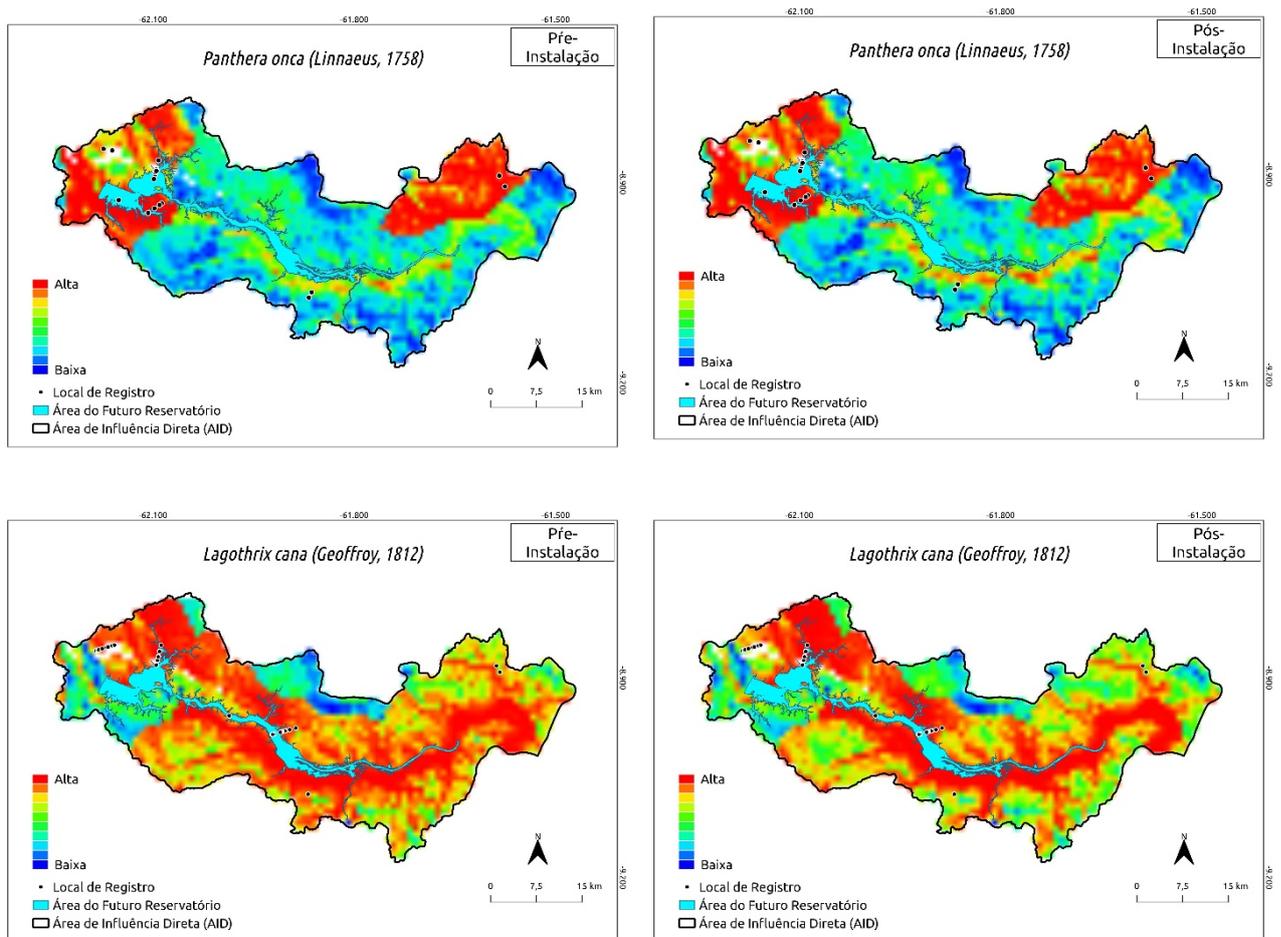
Com a ressalva de que a amostragem de fauna não capturou toda a amplitude de ambientes encontrada na AID, o modelo de adequabilidade ambiental gerado sugere que a maior parte da AID é coberta por habitats adequados ou muito adequados para *Lagothrix cana*. Por sua vez, para *Panthera onca* a porção noroeste da AID é coberta por habitats adequados a muito adequados; a AID inclui ainda habitats adequados para a onça-pintada na porção nordeste e ao longo do rio Ji-Paraná, principalmente na sua margem esquerda (**Figura 5.3.5.3.a**).

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Quando comparados os cenários pré e pós-instalação de *Panthera onca* nota-se um leve aumento de áreas adequadas ao redor do futuro reservatório, este padrão pode ser reflexo da distribuição dos pontos de registros de *Panthera onca*, que foram registrados relativamente próximos ao rio ou corpos d'água, desta forma o algoritmo entende que essas áreas apresentam uma maior adequabilidade para esta espécie. Fato oposto ao observado quando comparados os mapas de pré e pós-instalação de *Lagothrix cana*, que apresenta uma diminuição de áreas altamente adequadas, diminuindo as áreas com tonalidades mais quentes. Em *Lagothrix cana*, esta diferença entre os mapas também é reflexo dos pontos de amostragem que se distribuem no interior da área amostrada, não ficando tão próxima a corpos d'água.

Figura 5.3.5.3.a

Distribuição geográfica potencial para a onça pintada (*Panthera onca*, acima) e do macaco barrigudo (*Lagothrix cana*, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Das várias metodologias disponíveis para avaliar quais variáveis ambientais foram mais informativas para a elaboração de cada modelo, optou-se por se basear no procedimento de Jackknife para o ganho que cada variável trouxe, sozinha, para a calibração do modelo (**Tabela 5.3.5.3.a**). Usando esta metodologia, tanto para a onça-pintada (*Panthera onca*) como para o macaco-barrigudo (*Lagothrix cana*) as variáveis tipo de vegetação, altitude e precipitação anual contribuíram com a calibração do modelo, embora em nunca mais que com 50% do ganho. Todas as demais variáveis tiveram contribuições pequenas para o ganho do modelo de distribuição potencial. É importante salientar que duas das variáveis predictoras não contribuíram de forma

expressiva para o modelo, a densidade de drenagem e HAND 50, já que não foram significativas para nenhuma das espécies utilizadas na modelagem de médios e grandes.

Tabela 5.3.5.3.a

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknif

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Panthera onca</i>	<i>Lagothrix cana</i>
Pré-Instalação	Altitude	32,4	31,9
	BIO 12 -Precipitação anual	21,4	21,2
	BIO 1 - Temperatura média anual	16,6	17,5
	Densidade de drenagem	0	0
	HAND50	0	0
	Cobertura vegetal	8,4	0
	Tipo de vegetação	21,2	29,4
Pós-Instalação	Altitude	32,7	32,6
	BIO 12 -Precipitação anual	23,4	22,5
	BIO 1 - Temperatura média anual	15,2	17
	Densidade de drenagem	0,1	0
	HAND50	0	1,7
	Cobertura vegetal	8	0
	Tipo de vegetação	20,6	26,2

Pequenos Mamíferos

As espécies de pequenos mamíferos que tiveram suas distribuições potenciais na AID da AHE Tabajara modeladas foram duas espécies de cuícas (*Marmosops (Sciophanes) bishopi* e *Marmosa (Micoureus) demerarae*, Marsupialia, Didelphidae), e uma espécie de rato-do-mato (*Hylaeamys megalcephalus*, Rodentia, Cricetidae).

Marmosops bishopi foi registrada em 23 pontos; 18 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 1,000; o AUC de calibração 0,999. Para o modelo pós-instalação os valores de AUC de validação e calibração foram os mesmos.

Micoureus demerarae foi registrada em 18 pontos; 14 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,997; o AUC de calibração 0,995. Para o modelo pós-instalação os valores de AUC de validação e calibração foram os mesmos.

O *Hylaeamys megalcephalus* foi registrado em 23 pontos; 18 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,999; o AUC de calibração 0,999. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,999 e o AUC de calibração foi de 0,998

Com a ressalva de que a amostragem de fauna não capturou toda a amplitude de ambientes encontrada na AID, e que parte significativa da margem esquerda do rio Ji-Paraná (**sul na Figura 5.3.5.3.b**) se encontra severamente alterada pelo desmatamento, o modelo de adequabilidade ambiental gerado sugere que as distribuições potenciais previstas das três espécies são largamente coincidentes e ocupam a maior parte da AID (**Figura 5.3.5.3.b**).

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

De modo geral não são notadas grandes diferenças entre os mapas pré e pós-instalação do empreendimento para as três espécies de pequenos mamíferos. Porém há uma leve diminuição de áreas altamente adequadas na região nordeste dos mapas das espécies *Marmosops bishopi* e *Hylaeamys megacephalus*. É interessante mencionar também que as áreas em azul dos mapas para as três espécies indicam áreas com vegetação baixa, como a região do parque Campos Amazônicos, ao norte, e áreas desmatadas no sudoeste, sul e nordeste. De modo geral os mapas não indicam que estas espécies devem sofrer com o aumento do lençol freático, porém indicam que estas espécies são mais sensíveis a perda de áreas florestadas.

Figura 5.3.5.3.b

Distribuição geográfica potencial para as duas espécies de cuícas (*Marmosops (Sciophanes) bishopi*, Didelphidae, acima e *Marmosa (Micoureus) demerarae*, Marsupialia, Didelphidae, meio), e uma espécie de rato-do-mato (*Hylaeamys megacephalus*, Rodentia, Cricetidae, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

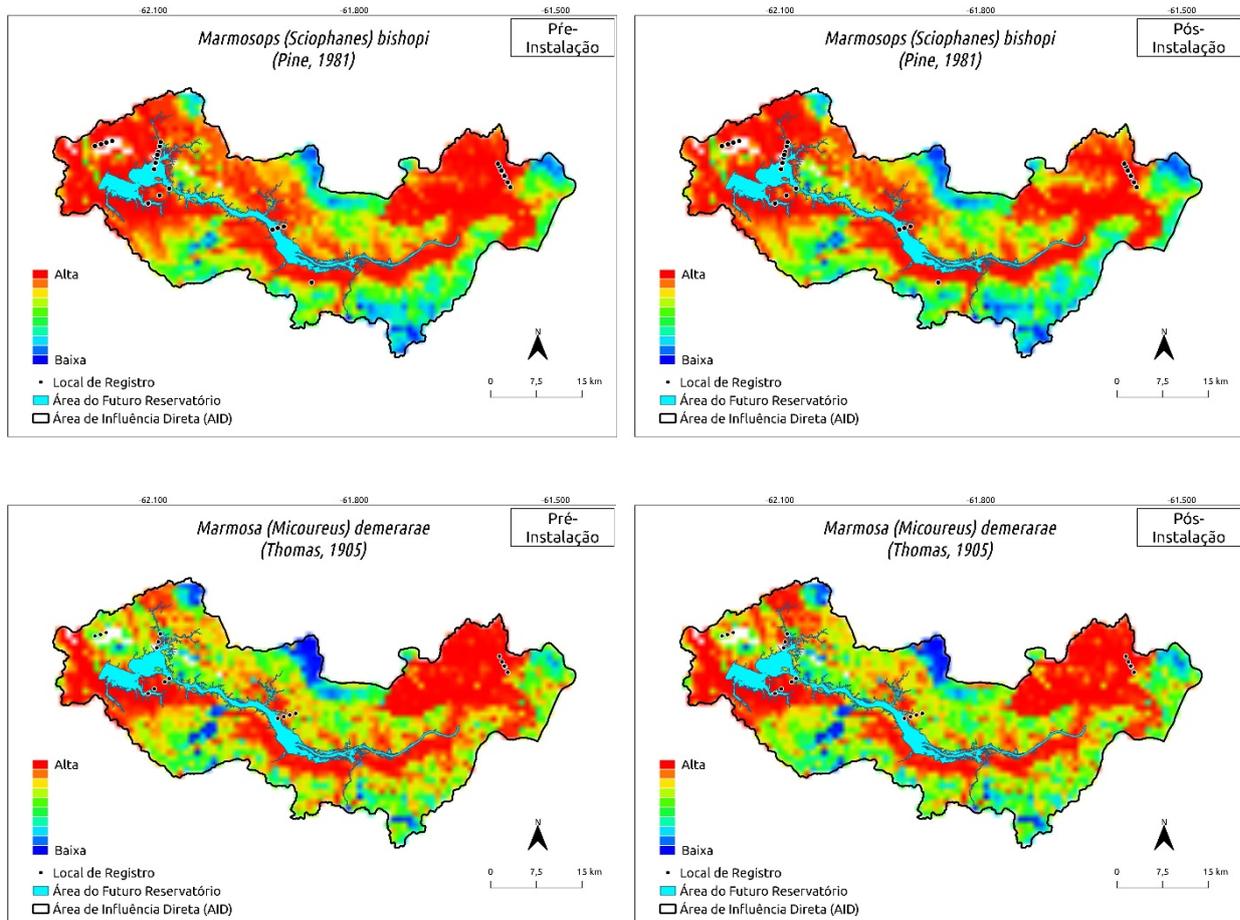
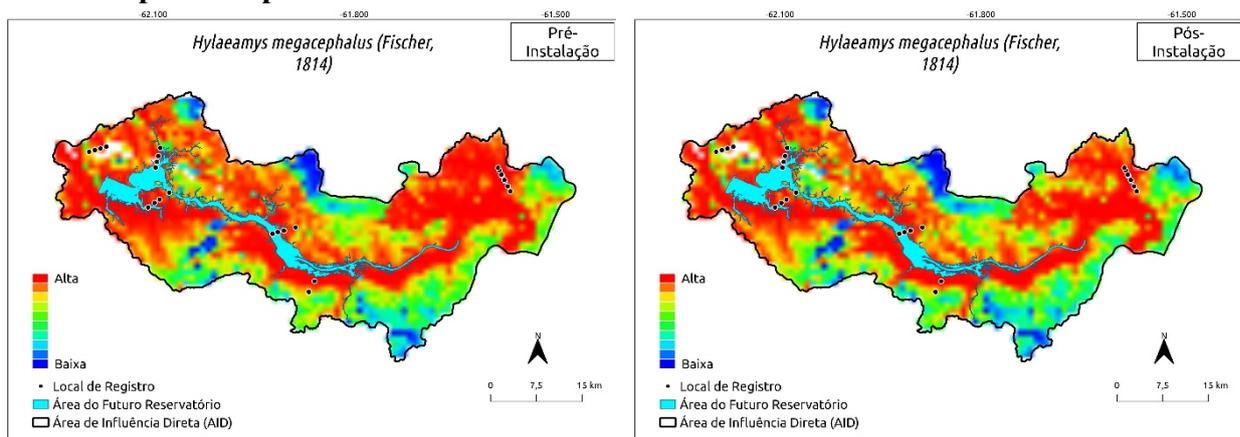


Figura 5.3.5.3.b

Distribuição geográfica potencial para as duas espécies de cuícas (*Marmosops (Sciophanes) bishopi*, Didelphidae, acima e (*Marmosa (Micoureus) demerarae*, Marsupialia, Didelphidae) meio), e uma espécie de rato-do-mato (*Hylaeamys megacephalus*, Rodentia, Cricetidae, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Usando o procedimento de Jackknife para avaliar o ganho que cada variável trouxe, sozinha, para a calibração do modelo, observa-se que as variáveis ‘precipitação anual’, ‘altitude’ e ‘temperatura média anual’ foram as mais influentes para o ganho de calibração do modelo para as três espécies de pequenos mamíferos. ‘Porcentagem de cobertura vegetal’ e ‘tipo de vegetação’ contribuíram de forma menor porém consistente com o ganho dos modelos das três espécies (Tabela 5.3.5.3.b).

Tabela 5.3.5.3.b

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Marmosops (Sciophanes) bishopi</i>	<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i>	<i>Hylaeamys megacephalus</i>
Pré-Instalação	Altitude	28,5	36,8	26,3
	BIO 12 -Precipitação anual	23,2	18,4	18
	BIO 1 - Temperatura média anual	27,4	10,5	27,1
	Densidade de drenagem	0,4	0	0,5
	HAND50	1,7	0	3,1
	Cobertura vegetal	8,9	16,3	15,2
	Tipo de vegetação	10	17,9	9,8
Pós-Instalação	Altitude	25,6	30,2	27,2
	BIO 12 -Precipitação anual	22,7	22,3	17,6
	BIO 1 - Temperatura média anual	27,5	12,7	26,7

Tabela 5.3.5.3.b

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Marmosops (Sciophanes) bishopi</i>	<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i>	<i>Hylaeamys megacephalus</i>
	Densidade de drenagem	0,1	0	0,2
	HAND50	6,6	0	6,3
	Cobertura vegetal	8,6	16,5	12,5
	Tipo de vegetação	8,8	18,4	9,4

Morcegos

As espécies de morcegos que tiveram distribuições potenciais modeladas foram os filostomídeos *Carollia perspicillata* e *Rhinophylla pumilio*.

Carollia perspicillata foi registrada em 32 pontos; 24 foram usados na calibração e 8 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,998, sendo este valor também observado para o AUC de calibração. Estes mesmos valores também se repetiram no modelo pós-instalação, para o AUC de validação e o AUC de calibração respectivamente.

Rhinophylla pumilio foi registrada em 16 pontos; 12 foram usados na calibração e 6 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,993; o AUC de calibração 0,996. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,996 e o AUC de calibração foi de 0,997.

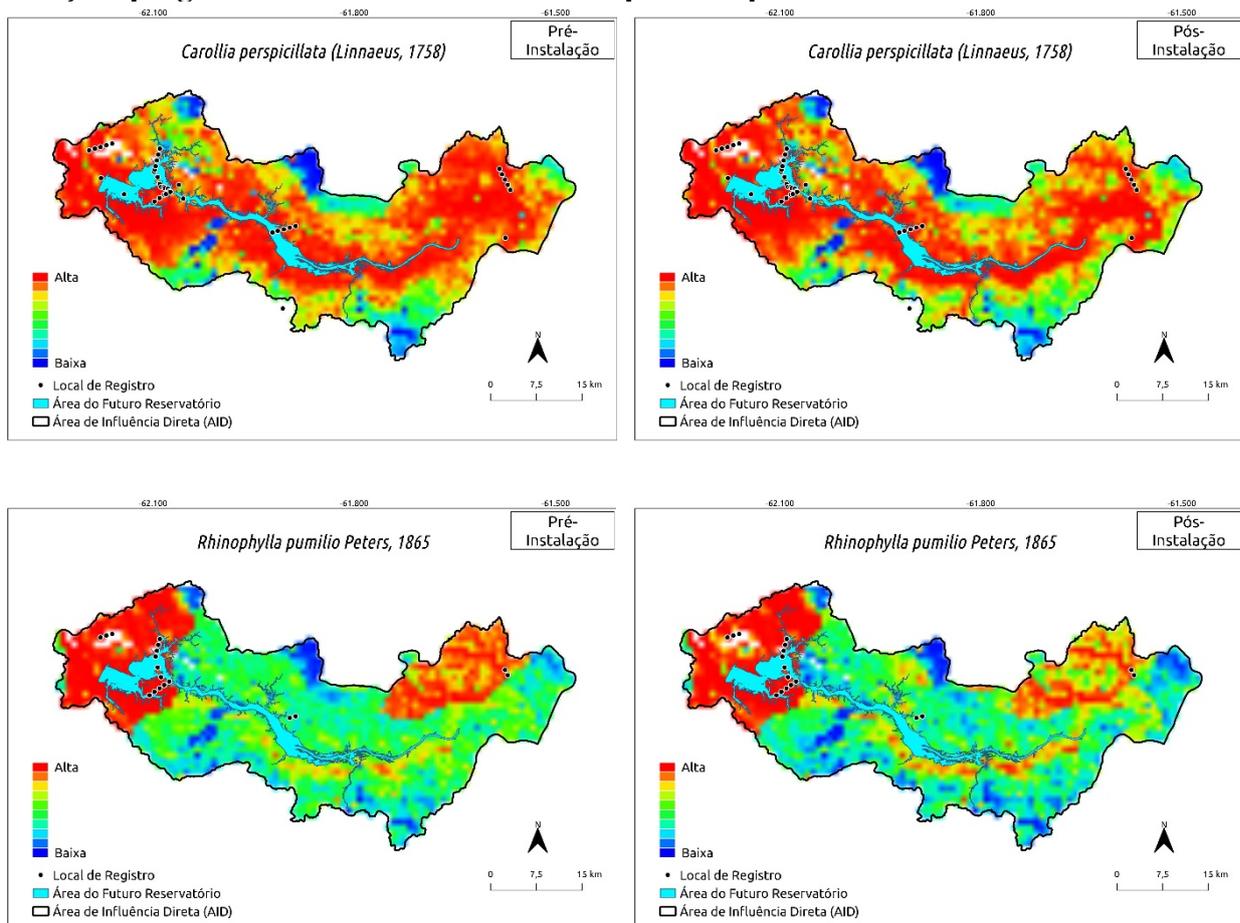
Com as mesmas ressalvas levantadas acima, as distribuições potenciais previstas de *Carollia perspicillata* e *Rhinophylla pumilio* abrangem a maior parte da AID (**Figura 5.3.5.3.c**).

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Para ambas as espécies de morcegos é possível observar uma leve diminuição da área altamente adequada dos mapas de ocorrência. Principalmente próximo a região nordeste da AID. Assim como para pequenos mamíferos os morcegos aparentemente respondem melhor a fragmentação do que a alteração do lençol freático, visto que as áreas em azul dos mapas para as duas correspondem a áreas com vegetação baixa (Campos Amazônicos, ao norte, e áreas desmatadas no sudoeste, sul e nordeste).

Figura 5.3.5.3.c

Distribuição geográfica potencial para os morcegos filostomídeos *Carollia perspicillata* (acima) e *Rhinophylla pumilio* (abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Para *Carollia perspicillata*, as variáveis altitude, precipitação anual e temperatura anual média foram importantes para a calibração de ambos os modelos; cada uma trouxe sozinha entorno de 25% do ganho do modelo (Tabela 5.3.5.3.c). Para *Rhinophylla pumilio*, altitude, precipitação anual e tipo de vegetação foram as que mais contribuíram para os modelos. Temperatura média anual contribuiu de forma menor, porém consistente com o ganho para os modelos de *Rhinophylla pumilio*.

Tabela 5.3.5.3.c

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Carollia perspicillata</i>	<i>Rhinophylla pumilio</i>
Pré-Instalação	Altitude	26,4	26,3
	BIO 12 -Precipitação anual	23,8	23,2
	BIO 1 - Temperatura média anual	26,8	17,6
	Densidade de drenagem	1,4	0
	HAND50	1,9	0,7
	Cobertura vegetal	13,3	10,4
	Tipo de vegetação	6,3	21,8
Pós-Instalação	Altitude	26,2	23,1
	BIO 12 -Precipitação anual	22,2	28,6
	BIO 1 - Temperatura média anual	25,6	17
	Densidade de drenagem	1,2	0,1
	HAND50	0,2	0
	Cobertura vegetal	15,6	10,6
	Tipo de vegetação	9,1	20,7

Aves

As espécies de aves que tiveram distribuições potenciais modeladas foram o chorozinho-do-Aripuanã (*Herpsilochmus stotzi*, Thamnophilidae), a mãe-de-taoca-papuda (*Rhegmatorhina hoffmannsi*, Thamnophilidae) e o papagaio dos garbes (*Amazona kawalli*, Psittacidae).

Herpsilochmus stotzi foi registrado em 16 pontos; 12 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,998; o AUC de calibração 0,997. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,999 e o AUC de calibração foi de 0,998.

Rhegmatorhina hoffmannsi foi registrada em 16 pontos; 12 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,990; o AUC de calibração 0,997. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,993 e o AUC de calibração foi de 0,997.

Amazona kawalli foi registrado em 22 pontos; 17 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,999; o AUC de calibração 0,998. Estes mesmos valores também se repetiram no modelo pós-instalação, para o AUC de validação e o AUC de calibração respectivamente.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Para os cenário pré-instalação faz-se as mesmas ressalvas levantadas acima, as distribuições potenciais previstas do *Herpsilochmus stotzi* e do *Amazona kawalli* abrangem a maior parte da AID (**Figura 5.3.5.3.d**). Já a distribuição potencial da *Rhegmatorhina hoffmannsi* é um pouco menor, uma vez que a porção setentrional mediana da AID aparece como inadequada para a espécie (**Figura 5.3.5.3.d**).

Através da comparação dos cenários pré e pós instalação é possível observar dois padrões para as aves. O padrão observado em *Rhegmatorhina hoffmannsi* onde há pouca alteração entre os cenários e o observado em *Herpsilochmus stotzi* e do *Amazona kawalli*, onde as espécies mantêm uma alta adequabilidade próximo ao rio principal e sei afluentes. Este padrão ocorre devido influência da variável HAND.

Figura 5.3.5.3.d

Distribuição geográfica potencial para as aves *Herpsilochmus stotzi* (Thamnophilidae, chorozinho-do-Aripuanã, acima), *Rhegmatorhina hoffmannsi* (Thamnophilidae, mãe-de-taoca-papuda, meio) e *Amazona kawalli* (Psittacidae, papagaio dos garbes, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

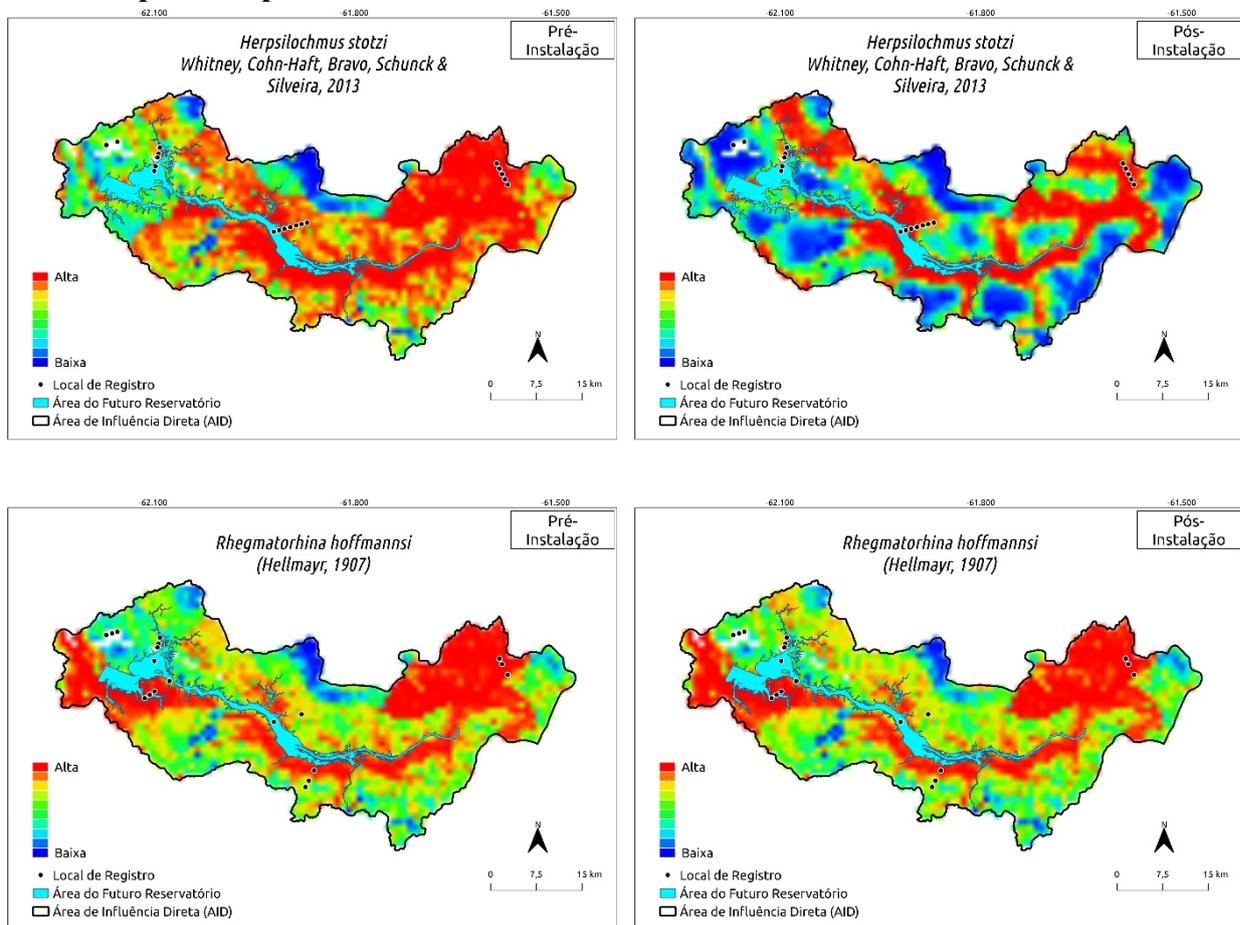
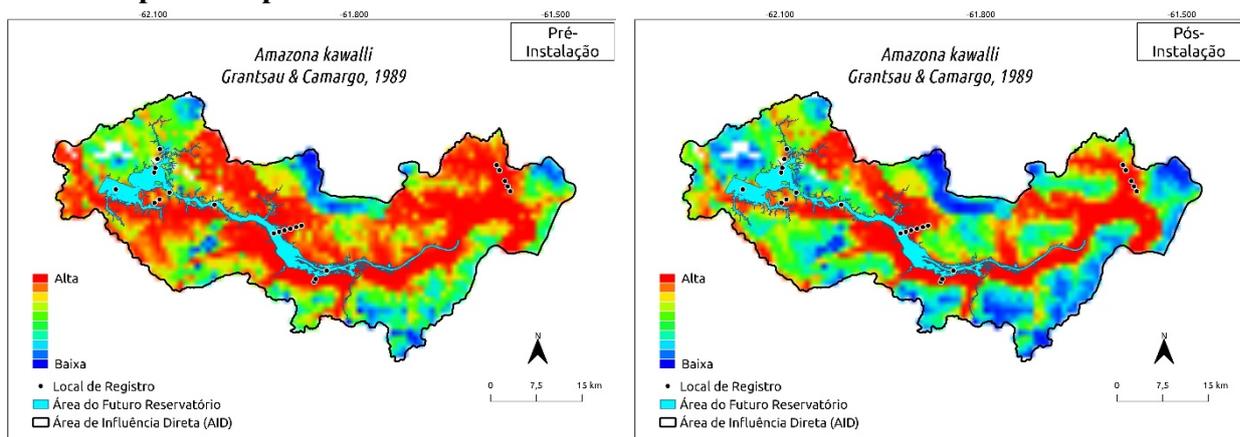


Figura 5.3.5.3.d

Distribuição geográfica potencial para as aves *Herpsilochmus stotzi* (Thamnophilidae, chorozinho-do-Aripuanã, acima), *Rhegmatorhina hoffmannsi* (Thamnophilidae, mãe-da-taoca-papuda, meio) e *Amazona kawalli* (Psittacidae, papagaio dos garbes, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Para o cenário pré-instalação, a altitude, precipitação anual e tipo de vegetação foram as variáveis mais influentes na modelagem de distribuição das três espécies de aves. No cenário de pós-instalação altitude e tipo de vegetação continuaram tendo um papel importante para os modelos das três espécies, porém a variável HAND apresentou valor altos para *Herpsilochmus stotzi* e *Amazona kawalli*, influenciando assim os modelos pós-instalação (Tabela 5.3.5.3.d).

Tabela 5.3.5.3.d

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis predictoras	<i>Herpsilochmus stotzi</i>	<i>Rhegmatorhina hoffmannsi</i>	<i>Amazona kawalli</i>
Pré-Instalação	Altitude	27,2	35,1	24,4
	BIO 12 -Precipitação anual	20,7	16,4	15,9
	BIO 1 - Temperatura média anual	12,8	11,9	22,5
	Densidade de drenagem	0	0	0,5
	HAND50	0	0	6,4
	Cobertura vegetal	13,6	10,7	8,2
	Tipo de vegetação	25,7	25,9	22,1
Pós-Instalação	Altitude	23,7	38	18,3
	BIO 12 -Precipitação anual	15,3	18,5	12,3
	BIO 1 - Temperatura média anual	9,2	7,9	18,8
	Densidade de drenagem	0	0	0
	HAND50	14	0	20
	Cobertura vegetal	13,5	10,9	8,3

Tabela 5.3.5.3.d

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis predictoras	<i>Herpsilochmus stotzi</i>	<i>Rhegmatorhina hoffmannsi</i>	<i>Amazona kawalli</i>
Pós-Instalação	Tipo de vegetação	24,3	24,7	22,3

Anfíbios e Répteis

Entre os anfíbios e répteis, foram modeladas as distribuições potenciais do sapo *Allobates gr. trilineatus* (Aromobatidae), do sapo cururu *Rhaebo guttatus* (Bufonidae), e do calanguiño *Dactyloa transversalis* (Dactyloidae).

Allobates gr. trilineatus foi registrado em 22 pontos; 17 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação e de calibração com os valores de 0,998. Estes mesmos valores foram observados para modelo pós-instalação, para o AUC de validação e calibração.

Rhaebo guttatus foi registrado em 24 pontos; 18 foram usados na calibração e 6 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,997 e o AUC de calibração 0,999. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,998 e o AUC de calibração foi de 0,999.

Dactyloa transversalis foi registrado em 15 pontos; 12 foram usados na calibração e 3 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,999 e o AUC de calibração 0,998. Estes mesmos valores também se repetiram no modelo pós-instalação, para o AUC de validação e o AUC de calibração respectivamente.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Todas as três espécies apresentam distribuição potencial bastante similar: encontram habitats adequados a muito adequados na maior parte da AID (**Figura 5.3.5.3.e**). Para as duas espécies de sapos, há uma ampla faixa ao longo do rio Ji-Paraná, além de todo o nordeste da AID, que aparentam fornecer condições muito propícias para a viabilidade populacional.

Como já mencionado para algumas outras espécies, não são notadas grandes diferenças entre os mapas pré e pós-instalação do empreendimento para as espécies de anfíbios e réptil. É interessante mencionar que as áreas em azul dos mapas para as três espécies indicam áreas com vegetação baixa, como a região do parque Campos Amazônicos, ao norte, e áreas desmatadas no sudoeste, sul e nordeste. De modo geral os mapas indicam que estas espécies são mais sensíveis a perda de áreas florestadas.

Figura 5.3.5.3.e

Distribuição geográfica potencial para os sapos *Allobates gr. trilineatus* (Aromobatidae, acima) e *Rhaebo guttatus* (Bufonidae, meio), e para o calanguinho *Dactyloa transversalis* (Dactyloidae, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

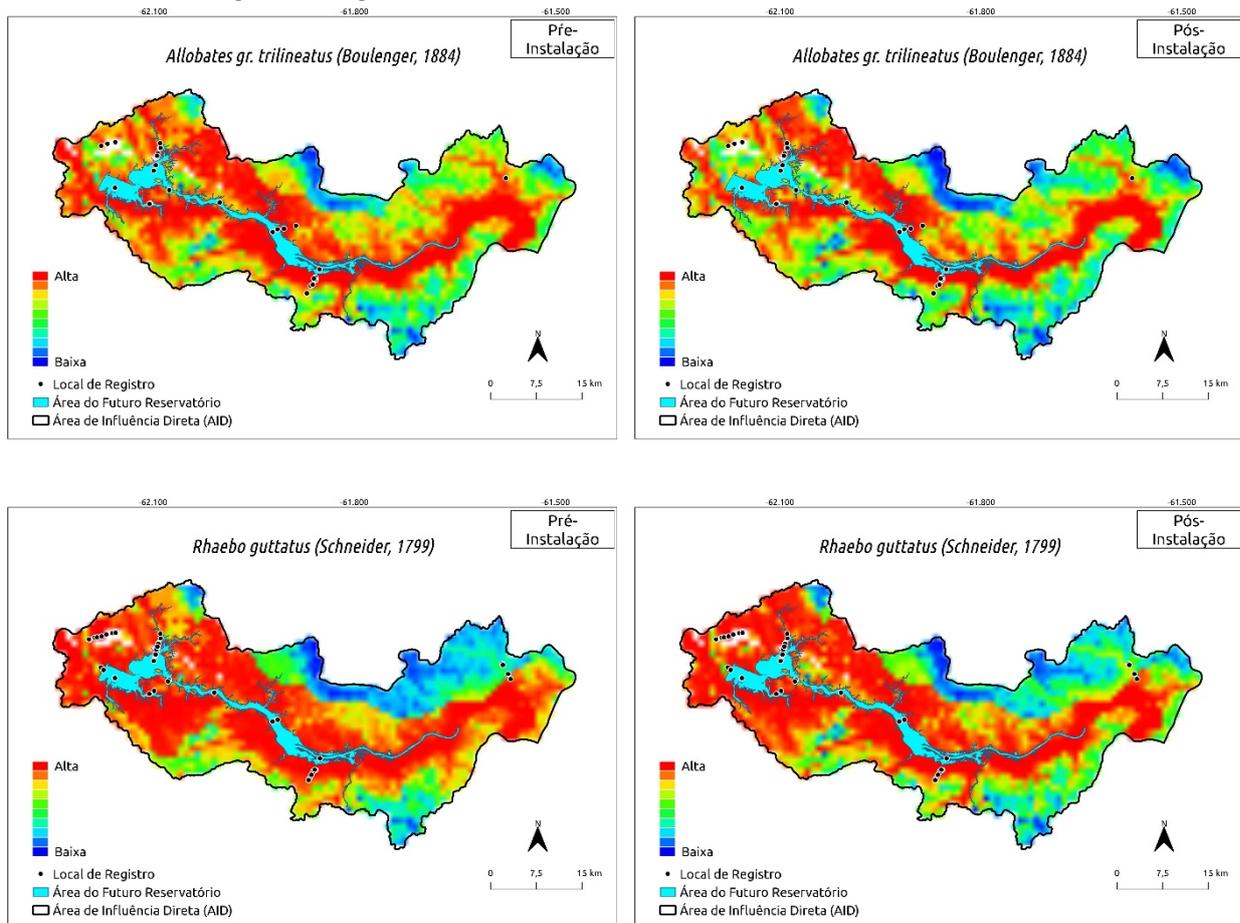
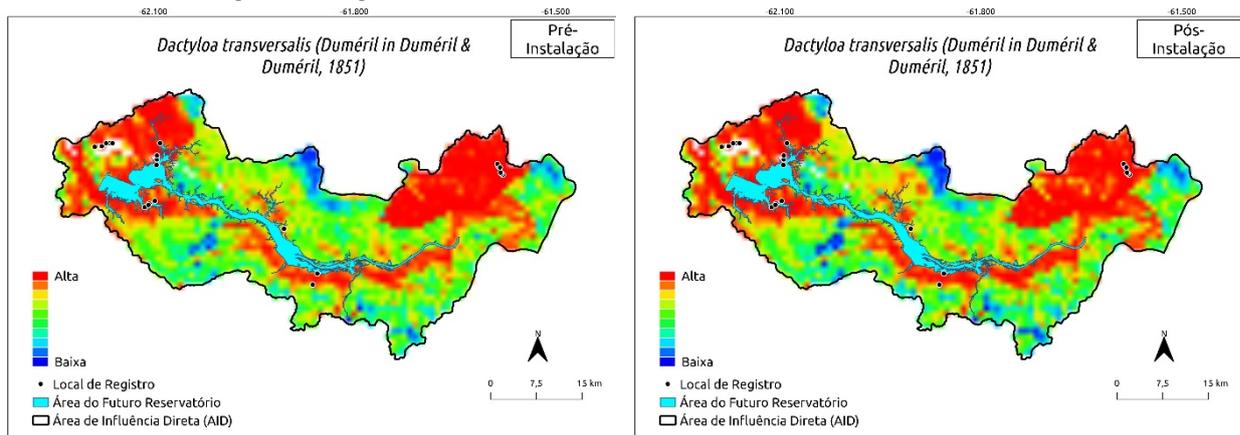


Figura 5.3.5.3.e

Distribuição geográfica potencial para os sapos *Allobates gr. trilineatus* (Aromobatidae, acima) e *Rhaebo guttatus* (Bufonidae, meio), e para o calanguinho *Dactyloa transversalis* (Dactyloidae, abaixo) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

De forma geral, contribuíram com o ganho dos modelos de distribuição das três espécies altitude, precipitação anual, temperatura anual média e tipo de vegetação. Sobressaíram-se altitude para *Allobates trilineatus* e *Rhaebo guttatus*, e precipitação anual para *Rhaebo guttatus* (Tabela 5.3.5.3.e).

Tabela 5.3.5.3.e

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Allobates gr. trilineatus</i>	<i>Rhaebo guttatus</i>	<i>Dactyloa transversalis</i>
Pré-Instalação	Altitude	36	31,8	32,7
	BIO 12 -Precipitação anual	18	20,5	24,4
	BIO 1 - Temperatura média anual	25,9	25,6	19,2
	Densidade de drenagem	0	0	0
	HAND50	0,1	2,2	0
	Cobertura vegetal	3,6	7,1	12,5
	Tipo de vegetação	16,5	12,8	11,1
Pós-Instalação	Altitude	31,2	30,7	33,8
	BIO 12 -Precipitação anual	18,1	21,3	27,5
	BIO 1 - Temperatura média anual	23,9	26,7	14,9
	Densidade de drenagem	0	0,1	0,1
	HAND50	4,1	0,9	0
	Cobertura vegetal	6,3	7,7	13,1
	Tipo de vegetação	16,5	12,5	10,6

Borboletas

Modelos de distribuição potencial de espécies de borboletas frugívoras foram gerados para *Eunica veronica* e *Temenis laothoe* (Biblidinae), para *Archaeoprepona demophon* (Charaxinae), para a borboleta-zebra *Colobura dirce*, (Nymphalinae), e para o capitão-do-mato *Morpho helenor* (Satyrinae). Todas estas espécies são especialistas de bosque e sub-bosque no interior e borda de floresta.

Eunica veronica foi registrada em 20 pontos; 15 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação e calibração de 0,999. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,998 e o AUC de calibração foi de 0,999.

Temenis laothoe foi registrada em 19 pontos; 15 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,998 e o AUC de calibração 0,999. Estes mesmos valores também se repetiram no modelo pós-instalação, para o AUC de validação e o AUC de calibração respectivamente.

Archaeoprepona demophon foi registrada em 15 pontos; 12 foram usados na calibração e 3 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,997 e o AUC de calibração 0,998. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,998 e o AUC de calibração foi de 0,995.

Colobura dirce foi registrada em 15 pontos; 12 foram usados na calibração e 3 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,994 e o AUC de calibração 0,998. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,992 e o AUC de calibração foi de 0,997.

Morpho helenor foi registrada em 15 pontos; 12 foram usados na calibração e 3 na validação do modelo. O modelo que considerou o cenário pré-instalação apresentou o AUC de validação de 0,997 e o AUC de calibração 0,995. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,997 e o AUC de calibração foi de 0,996.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Todas as cinco espécies de borboletas encontram na maior parte da AID habitats adequados a muito adequados para sua ocorrência em ambo os cenários (**Figura 5.3.5.3.f**). De modo geral não são notadas grandes diferenças entre os mapas pré e pós-instalação do empreendimento para as espécies de borboletas. É interessante mencionar nestes casos também se repete o padrão em que as áreas em azul dos mapas correspondem a áreas com vegetação baixa, indicando que estas espécies são sensíveis a perda de áreas florestadas.

Figura 5.3.5.3.f

Distribuição geográfica potencial para as borboletas *Eunica veronica* (Biblidinae, borboleta), *Temenis laothoe* (Biblidinae, borboleta), *Archaeoprepona demophon* (Charaxinae, borboleta), *Colobura dirce* (Nymphalinae, borboleta zebra) e *Morpho helenor* (Satyrinae, capitão-domato) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

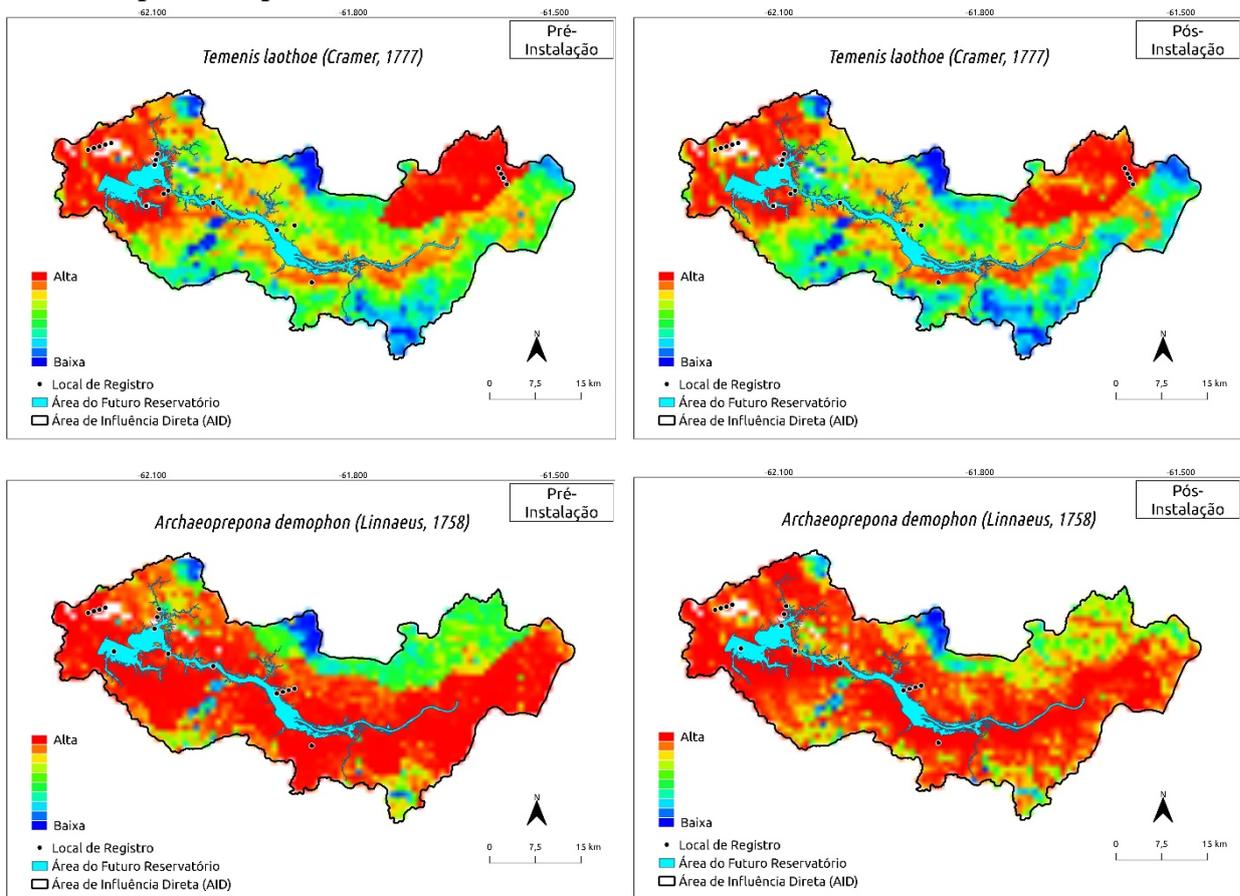


Figura 5.3.5.3.f

Distribuição geográfica potencial para as borboletas *Eunica veronica* (Biblidinae, borboleta), *Temenis laothoe* (Biblidinae, borboleta), *Archaeoprepona demophon* (Charaxinae, borboleta), *Colobura dirce* (Nymphalinae, borboleta zebra) e *Morpho helenor* (Satyrinae, capitão-domato) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

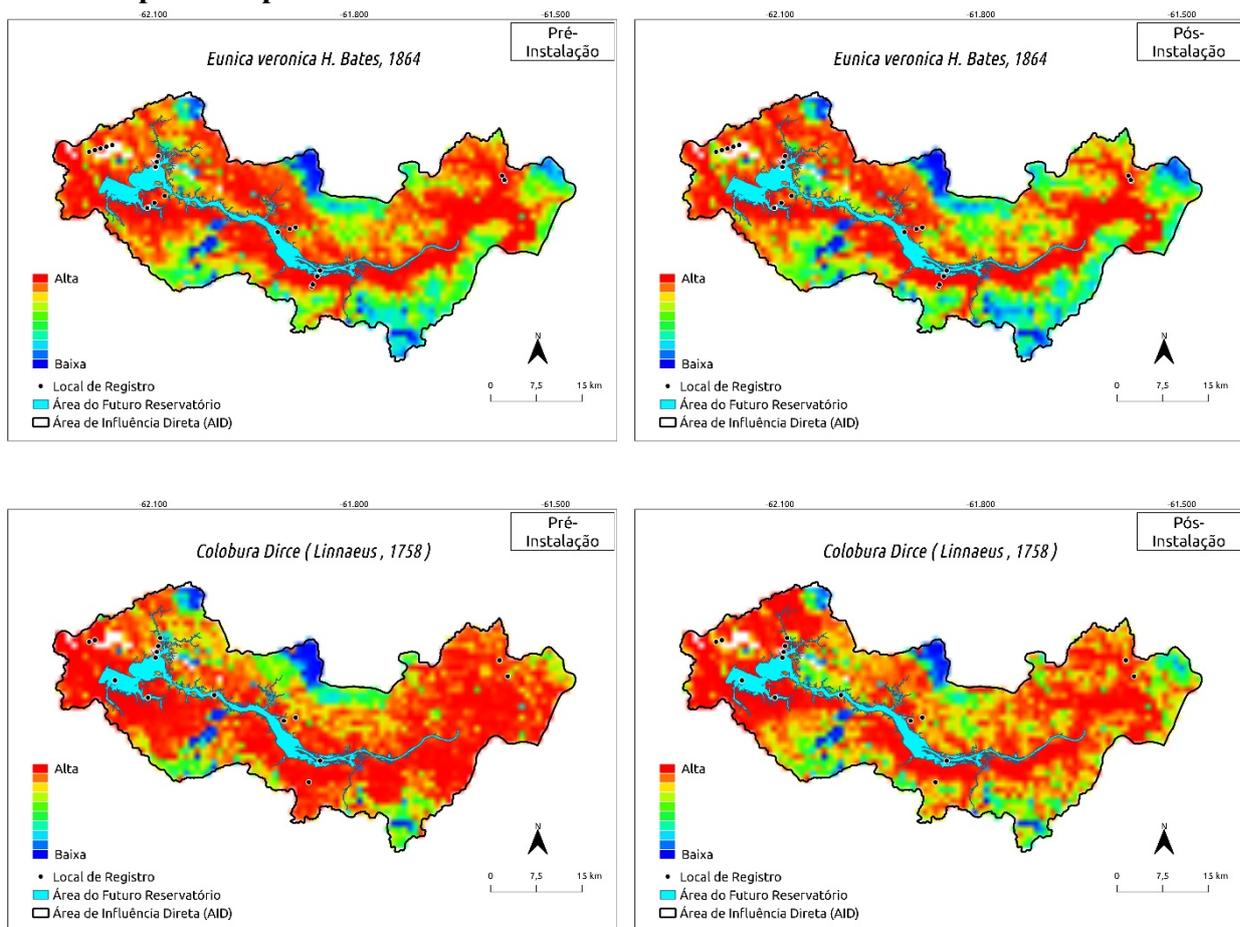
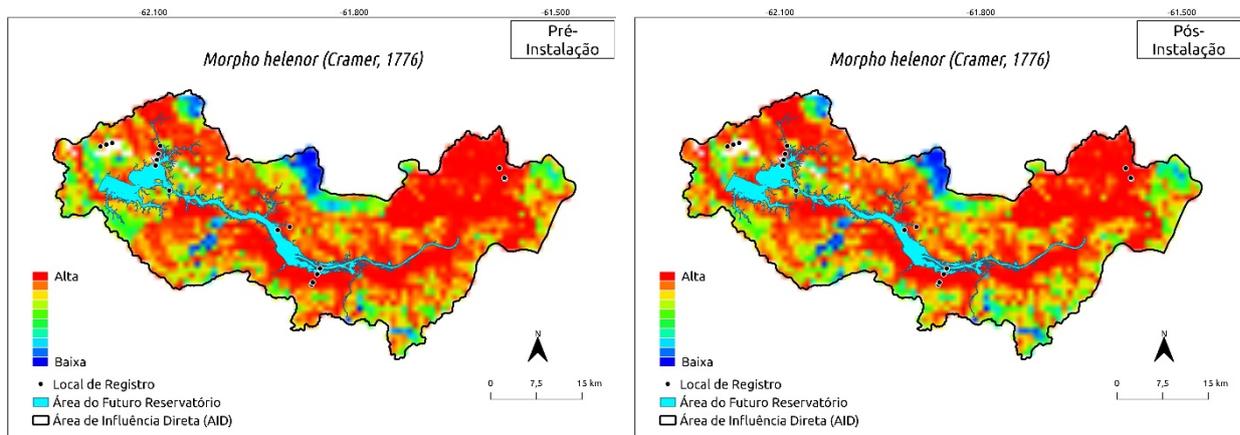


Figura 5.3.5.3.f

Distribuição geográfica potencial para as borboletas *Eunica veronica* (Biblidinae, borboleta), *Temenis laothoe* (Biblidinae, borboleta), *Archaeoprepona demophon* (Charaxinae, borboleta), *Colobura dirce* (Nymphalinae, borboleta zebra) e *Morpho helenor* (Satyrinae, capitão-domato) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Altitude, precipitação anual, cobertura vegetal e temperatura média anual, foram as variáveis que mais contribuíram para as espécies de borboletas em ambos os cenários (Tabela 5.3.5.3.f). Duas das variáveis preditoras não contribuíram de forma expressiva para o modelo, a densidade de drenagem e HAND 50.

Tabela 5.3.5.3.f

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Eunica veronica</i>	<i>Temenis laothoe</i>	<i>Archaeoprepona demophon</i>	<i>Colobura dirce</i>	<i>Morpho helenor</i>
Pré-Instalação	Altitude	35,3	28,1	31,3	30,6	34,3
	BIO 12 -Precipitação anual	16,6	15,8	20,3	19,8	16,6
	BIO 1 - Temperatura média anual	26,3	28	9,4	15,4	15,5
	Densidade de drenagem	0,9	0,7	2	2,1	0,2
	HAND50	1,6	0,3	4,4	2,7	0
	Cobertura vegetal	10,9	12,8	13,2	18,5	16,8
	Tipo de vegetação	8,4	14,3	19,3	11	16,6

Tabela 5.3.5.3.f

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Eunica veronica</i>	<i>Temenis laothoe</i>	<i>Archaeoprepona demophon</i>	<i>Colobura dirce</i>	<i>Morpho helenor</i>
Pós-Instalação	Altitude	34,1	20,8	27,8	28	31,5
	BIO 12 -Precipitação anual	18,2	15,5	22,2	27,7	21,2
	BIO 1 - Temperatura média anual	27,6	24,4	13,6	15,1	15
	Densidade de drenagem	0,5	1,4	1,2	2,2	0
	HAND50	0,4	7,8	0	0	0
	Cobertura vegetal	11	15,6	16,1	18,4	17,1
	Tipo de vegetação	8,3	14,5	19,2	8,6	15,2

Flora

Para a escolha das espécies vegetais, buscou-se realizar os modelos com as espécies que apresentaram maior índice de valor de importância (IVI%) no levantamento fitossociológico do estrato arbóreo. Dentre essas, cinco espécies tiveram mais do que 15 pontos de registros de ocorrência com equidistância de pelo menos 1 km e, portanto, atenderam aos critérios mínimos de inclusão no modelo. São elas: a espécie arbórea *Eschweilera truncata* (corroupião) e *Pouteria guianensis* (abiurana) da ordem Ericales, *Copaifera multijuga* (copaíba), da ordem Fabales, *Licania heteromorpha* () da ordem Malpighiales, e por fim, *Brosimum rubescens* (conduru), da ordem Rosales.

Ericales:

- *Eschweilera truncata*
- *Pouteria guianensis*(abiurana)

Fabales:

- *Copaifera multijuga*(copaíba)

Malpighiales:

- *Licania heteromorpha*

Rosales:

- *Brosimum rubescens*(conduru)

Ericales

As espécies de Ericales que tiveram suas distribuições potenciais na AID da AHE Tabajara modeladas foram de duas espécies, uma da família Lecythydaceae, *Eschweilera truncata* e uma da família Sapotaceae, o *Pouteria guianensis*.

Eschweilera truncata foi registrada em 18 pontos; 14 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,995; o AUC de calibração 0,998. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,994 e o AUC de calibração foi de 0,997.

Pouteria guianensis foi registrada em 19 pontos; 15 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,998; o AUC de calibração 0,999. Estes mesmos valores também se repetiram no modelo pós-instalação, para o AUC de validação e o AUC de calibração respectivamente.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Assim como para muitas espécies de animais, as espécies *Eschweilera truncata* e *Pouteria guianensis* apresentam alta adequabilidade para áreas mais próximas ao rio Ji-paraná e baixa adequabilidade na região com formações campestres como as do Parque dos Campos Amazônicos e em regiões desmatadas no sul e sudoeste, dada a ocorrência natural em áreas florestadas. Para *Pouteria guianensis* nota-se uma leve diminuição de áreas altamente adequadas no cenário pré-instalação para áreas adequadas no cenário pós instalação (**Figura 5.3.5.3.g**), porém, ainda com extensão significativa.

Figura 5.3.5.3.g

Distribuição geográfica potencial para as duas espécies de árvores da ordem Ericales (*Eschweilera truncata* e *Pouteria guianensis*) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie

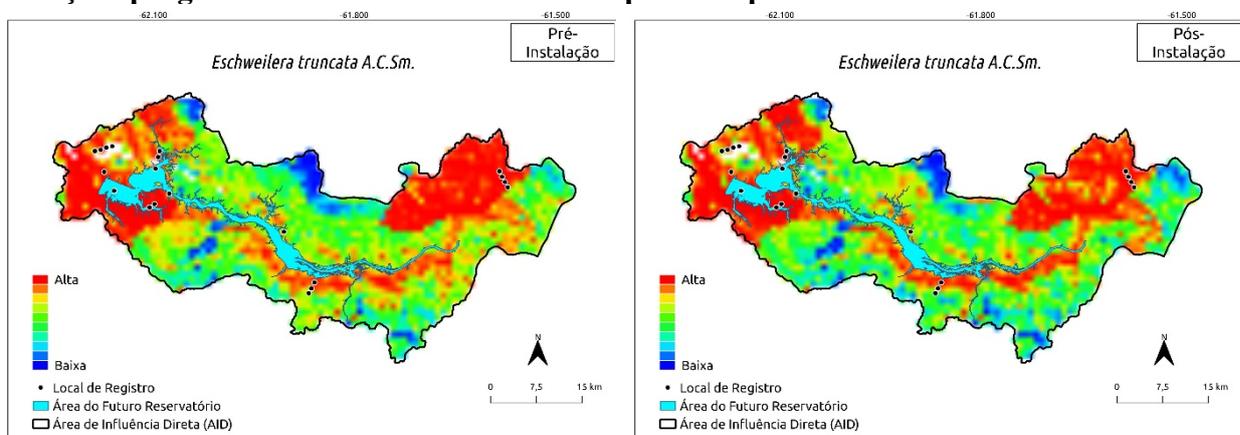
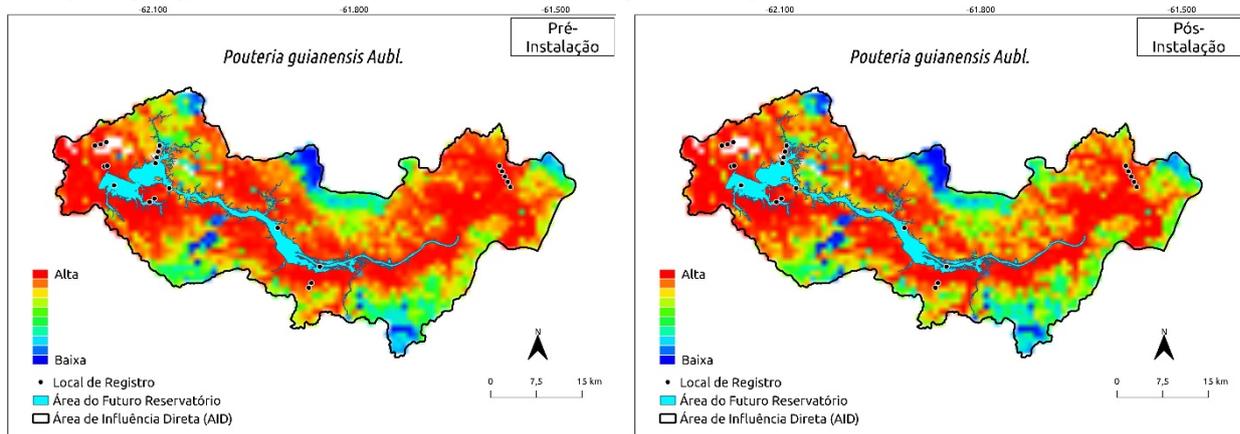


Figura 5.3.5.3.g

Distribuição geográfica potencial para as duas espécies de árvores da ordem Ericales (*Eschweilera truncata* e *Pouteria guianensis*) na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência das espécies no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Usando o procedimento de Jackknife para avaliar o ganho que cada variável trouxe, sozinha, para a calibração do modelo, observa-se que as variáveis ‘precipitação anual’, ‘altitude’ e ‘temperatura média anual’ foram as mais influentes para o ganho de calibração dos modelos para ambos os cenários. ‘Porcentagem de cobertura vegetal’ e ‘tipo de vegetação’ contribuíram de forma menor porém ainda importante para os modelos (Tabela 5.3.5.3.g).

Tabela 5.3.5.3.g

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Eschweilera truncata</i>	<i>Pouteria guianensis</i>
Pré-Instalação	Altitude	31,6	34
	BIO 12 -Precipitação anual	21,2	18,1
	BIO 1 - Temperatura média anual	16,4	27,2
	Densidade de drenagem	0,2	2,1
	HAND50	0,3	1,2
	Cobertura vegetal	13,7	11,6
	Tipo de vegetação	16,6	5,8
Pós-Instalação	Altitude	31,2	31,2
	BIO 12 -Precipitação anual	21,7	17,8
	BIO 1 - Temperatura média anual	15,8	29,8
	Densidade de drenagem	0,1	1,7
	HAND50	0	0,3
	Cobertura vegetal	14,7	13,5
	Tipo de vegetação	16,5	5,9

Fabales

Uma espécie da ordem Fabales teve sua distribuição potencial na AID da AHE Tabajara modelada, *Copaifera multijuga*, representante da família Fabaceae.

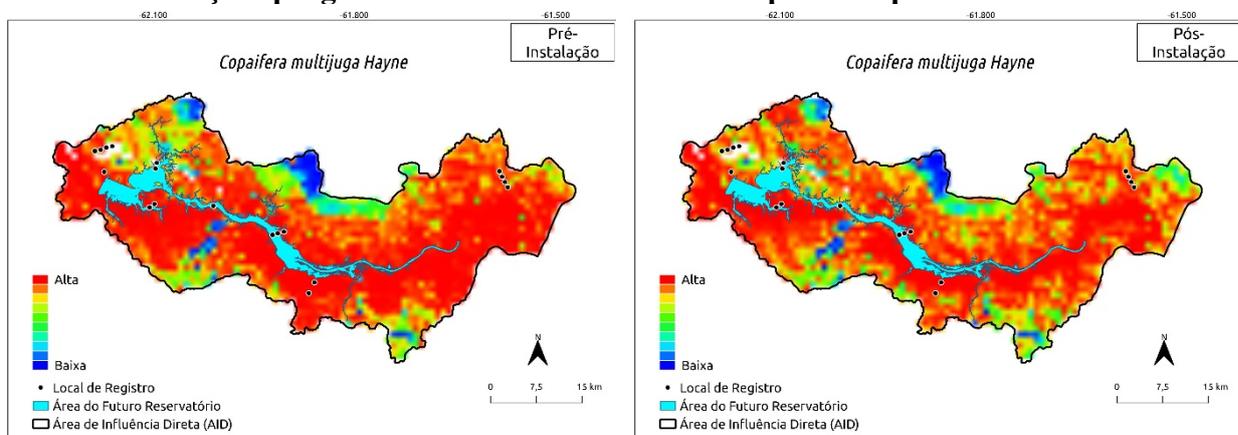
Copaifera multijuga foi registrada em 16 pontos; 12 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,997; o AUC de calibração 0,997. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,996 e o AUC de calibração também foi de 0,996.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

O mapa referente ao cenário pós-instalação apresenta uma leve diminuição de áreas altamente adequadas em toda a área da AID. Assim como para outras espécies, ambos os cenários apresentam as áreas como baixa adequabilidade aquelas com vegetação com porte baixo (formações campestres e arbustivas) ou áreas desmatadas (**Figura 5.3.5.3.h**).

Figura 5.3.5.3.h

Distribuição geográfica potencial para *Copaifera multijuga* na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência da espécie no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Em ambos os cenários realizados para *Copaifera multijuga* as variáveis com valores mais expressivos foram 'precipitação anual', 'altitude' e 'temperatura média anual' além destas três variáveis a 'Porcentagem de cobertura vegetal' e o 'tipo de vegetação' também contribuíram para os modelos (**Tabela 5.3.5.3.h**).

Tabela 5.3.5.3.h

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Copaifera multijuga</i>
Pré-Instalação	Altitude	30,2
	BIO 12 -Precipitação anual	20
	BIO 1 - Temperatura média anual	13,6
	Densidade de drenagem	2
	HAND50	1,7
	Cobertura vegetal	16,9
	Tipo de vegetação	15,6
Pós-Instalação	Altitude	30,5
	BIO 12 -Precipitação anual	19,1
	BIO 1 - Temperatura média anual	14,9
	Densidade de drenagem	2,6
	HAND50	0,1
	Cobertura vegetal	19,2
	Tipo de vegetação	13,6

Malpighiales

Uma espécie da ordem Malpighiales teve sua distribuição potencial na AID da AHE Tabajara modelada, *Licania heteromorpha*, representante da família Chrysobalanaceae.

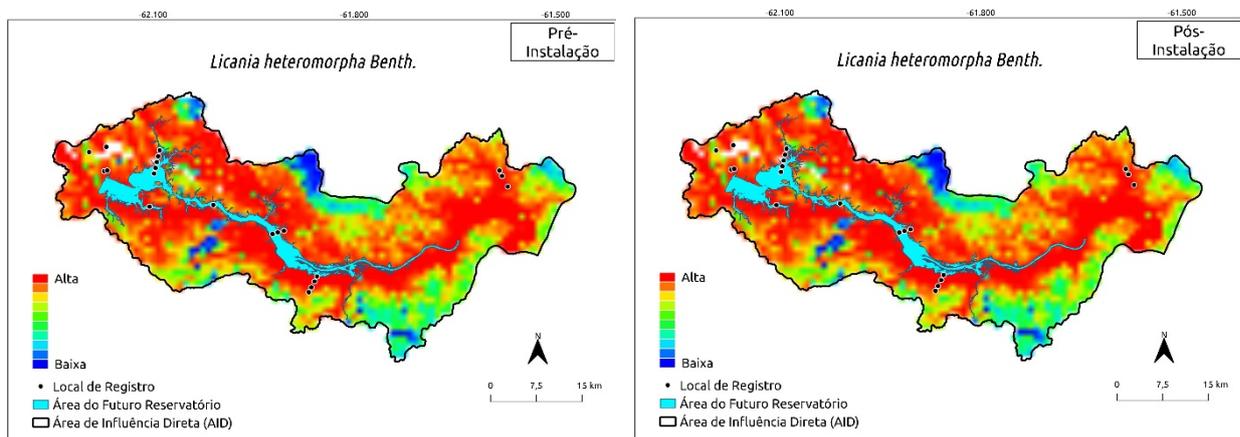
Licania heteromorpha foi registrada em 19 pontos; 15 foram usados na calibração e 4 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,999 e o AUC de calibração também. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,998 e o AUC de calibração foi de 0,999.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Quase não se nota diferença entre os cenários pré e pós-instalação para *Licania heteromorpha*, além do mais, esta espécie apresenta o mesmo padrão de distribuição observado nas outras espécies vegetais analisadas, com uma ampla área de distribuição em toda a AID, com exceção de áreas desmatas ou vegetação com porte baixo (formações campestres e arbustivas) (**Figura 5.3.5.3.i**).

Figura 5.3.5.3.i

Distribuição geográfica potencial para *Licania heteromorpha* na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência da espécie no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Assim como para outras espécies vegetais, *Licania heteromorpha* apresenta as variáveis c ‘precipitação anual’, ‘altitude’ e ‘temperatura média anual’ além destas três variáveis a ‘Porcentagem de cobertura vegetal’ e o ‘tipo de vegetação’ como as com valores mais expressivos (Tabela 5.3.5.3.i).

Tabela 5.3.5.3.i

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Licania heteromorpha</i>
Pré-Instalação	Altitude	35,3
	BIO 12 -Precipitação anual	16,2
	BIO 1 - Temperatura média anual	25
	Densidade de drenagem	0,3
	HAND50	0,1
	Cobertura vegetal	11,5
	Tipo de vegetação	11,7
Pós-Instalação	Altitude	33,8
	BIO 12 -Precipitação anual	15,9
	BIO 1 - Temperatura média anual	25,2
	Densidade de drenagem	0,1
	HAND50	0,8
	Cobertura vegetal	12,7
	Tipo de vegetação	11,4

Rosales

Uma espécie da ordem Rosales teve sua distribuição potencial na AID da AHE Tabajara modelada, (*Brosimum rubescens*), representante da família Moraceae.

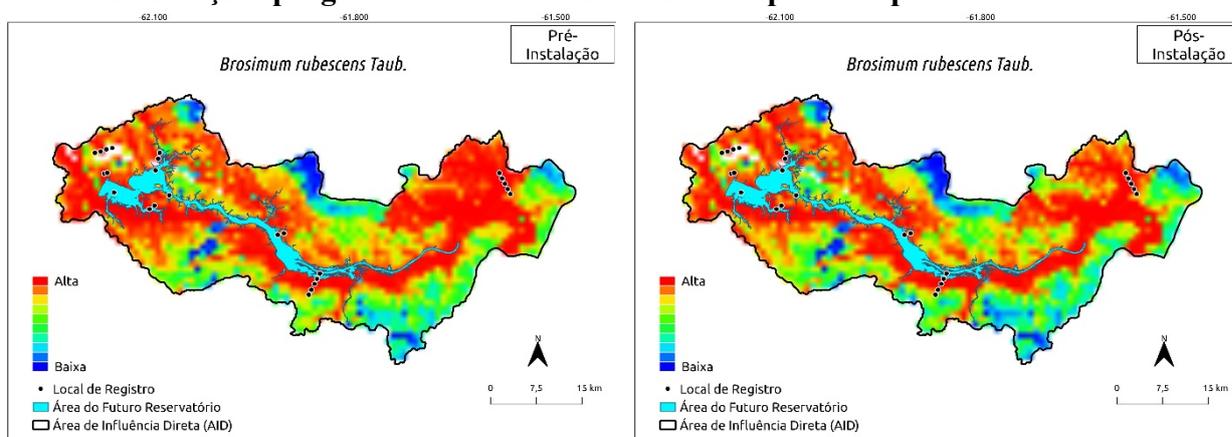
Brosimum rubescens foi registrada em 22 pontos; 17 foram usados na calibração e 5 na validação do modelo. Para o modelo considerando o cenário pré-instalação, o AUC de validação foi 0,999, sendo este também o valor do o AUC de calibração. Já para o modelo pós-instalação o AUC de validação foi de 0,998 e o AUC de calibração também foi de 0,999.

Comparação dos cenários pré e pós-instalação:

Há pouca diferença entre os cenários pré e pós-instalação para *Brosimum rubescens*, porém, é possível notar uma leve diminuição de áreas altamente adequadas no cenário pós-instalação (Figura 5.3.5.3.i).

Figura 5.3.5.3.j

Distribuição geográfica potencial para *Brosimum rubescens* na Área de Influência Direta da AHE Tabajara, conforme simulação desempenhada pelo software MAXENT. Pontos pretos sinalizam os registros de ocorrência da espécie no decorrer das quatro campanhas de amostragem. Cores verdes representam condições ambientais estimadas como típicas para a espécie; cores mais quentes representam condições progressivamente mais favoráveis e cores mais frias condições progressivamente menos favoráveis para a espécie



Avaliação das variáveis:

Assim como para outras espécies, em ambos os cenários realizados para *Brosimum rubescens* as variáveis com valores mais expressivos foram 'precipitação anual', 'altitude' e 'temperatura média anual', também contribuíram com maior peso para os modelos a 'Porcentagem de cobertura vegetal' e o 'tipo de vegetação' (Tabela 5.3.5.3.j).

Tabela 5.3.5.3.j

Porcentagem da contribuição que cada uma das sete variáveis ambientais teve, sozinha, para o ganho de calibração dos modelos de probabilidade de ocorrência de espécies na AID da AHE Tabajara, conforme resultados de procedimento de Jackknife

Cenário	Variáveis preditoras	<i>Brosimum rubescens</i>
Pré-Instalação	Altitude	29,8
	BIO 12 -Precipitação anual	20
	BIO 1 - Temperatura média anual	28,7
	Densidade de drenagem	0,2
	HAND50	0,1
	Cobertura vegetal	12,2
	Tipo de vegetação	8,9
Pós-Instalação	Altitude	28,4
	BIO 12 -Precipitação anual	19,1
	BIO 1 - Temperatura média anual	27,1
	Densidade de drenagem	0,1
	HAND50	4,1
	Cobertura vegetal	12,7
	Tipo de vegetação	8,5

5.3.5.3.1

Discussão

A modelagem da distribuição de espécies se tornou importante ferramenta para o planejamento em conservação nos últimos anos (PEARSON, 2008).

A modelagem de distribuição de espécies depende, por um lado, de um número mínimo e tanto quanto possível ambientalmente representativo de pontos de registro da espécie na área de modelagem; e por outro, de dados ambientais relevantes para a espécie e numa escala apropriada para a análise.

Conforme colocado anteriormente, o foco na metodologia de amostragem RAPELD e a localização dos Módulos restringiu a abrangência numérica, espacial e ambiental dos pontos de registro das espécies. Do ponto de vista numérico, para a maior parte das espécies o número máximo de registros georreferenciados possível foi por volta de 30, uma vez que o maior esforço de amostragem foi concentrado em parcelas terrestres (6 Módulos RAPELD X 5 parcelas terrestres por Módulo). Pearson *et al.* (2007) se referem a um número de registros menor que 20 como 'tamanhos amostrais muito pequenos' para modelagem de distribuição de espécies. Do ponto de vista espacial no presente estudo, os registros das espécies foram inevitavelmente agrupados nos 6 Módulos. Tal propriedade contribui para a alta auto correlação espacial e, portanto, não-independência observada entre os registros usados na calibração e os registros usados na validação dos modelos, possivelmente inflando as estimativas de eficiência dos modelos. Esta conclusão é corroborada pelos valores quase iguais de AUC e aproximando a unidade (o menor AUC foi 0,986) para dados de calibração e de validação. Finalmente, do ponto de vista ambiental, há razoável representatividade, mas claro predomínio de florestas preservadas: apenas as parcelas 2 e 3 do Módulo 2 e as parcelas 4 e 5 do Módulo 4 são cobertas por vegetação aberta. É também importante ressaltar que a extensão espacial da área em análise é pequena (AID \cong 1.818 km²) em relação à resolução (1 km²) e em muitos casos à amplitude dos dados ambientais disponíveis. Portanto, os

resultados dos modelos de distribuição das espécies devem ser interpretados dentro destas restrições.

Com relação às espécies de fauna modeladas, apesar de nossas análises terem sido restritas a espécies mais frequentes na área de estudo, as espécies que puderam ser selecionadas mostraram bom valor de informação por incluírem espécies especialistas de florestas e de bordas de florestas (como as cinco espécies de borboletas) e de áreas abertas (*Herpsilochmus stotzi*), bem como espécies altamente sensíveis a alterações ambientais (por exemplo a mãe-de-taoca-papuda *Rhegmatorhina hoffmannsi* e o *Amazona kawalli*). Incluíram ainda espécies endêmicas da Bacia Amazônica (*Rhaebo guttatus*, *Marmosops bishopi*, *Lagothrix cana* e o *Amazona kawalli*) e também de regiões mais restritas (como *Herpsilochmus stotzi*, descrito recentemente de campos amazônicos). Entre as espécies selecionadas encontram-se ainda espécies consideradas 'quase ameaçadas' (como a *Panthera onca*, e *Amazona kawalli*) ou 'ameaçadas' (como *Lagothrix cana*) pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2020), ou 'ameaçadas de extinção' pela lista oficial nacional (*Panthera onca*; MMA, 2018). Finalmente, foram incluídas espécies de interesse econômico constando nos Apêndices I (*Panthera onca*) e II (*Lagothrix cana*, *Amazona kawalli*) da CITES (Convenção para o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e Flora Silvestres).

Quanto às espécies da flora, apenas *Eschweilera truncata* é considerada endêmica do Brasil e vulnerável de extinção pela IUCN (2020). As outras espécies aqui analisadas possuem ampla distribuição geográfica e não encontram-se ameaçadas de extinção. Cabe registrar, que todas essas espécies foram registradas nas margens esquerda e direita do rio Ji-Paraná, dentro e fora do PARNA dos Campos Amazônicos, dentro e fora do futuro reservatório, e em praticamente todas as formações vegetais existentes na área de estudo, constituindo características adequadas para a presente análise.

Quando comparados os modelos de distribuição das espécies, nos cenários pré e pós-instalação, nota-se que não há grandes diferenças entre as distribuições modeladas. Encontra-se um padrão geral onde as espécies tendem a responder melhor a variáveis de 'altitude', 'precipitação anual' e 'temperatura média anual', e alguns casos há também influência de 'cobertura vegetal' e 'tipo de vegetação'. A maior influência dessas variáveis é reflexo da localização dos pontos de registros. Possivelmente os pontos se agruparam em regiões que as variáveis apresentam valores próximos, isto indica que a espécie tem certa preferência por aquele tipo de ambiente. No oposto disso, a espécie apresenta registros em diferentes regiões das variáveis com valores aleatórios, neste caso a variável não seria importante à espécie. De modo geral, os mapas não indicam que estas espécies devem sofrer com o aumento do lençol freático, dado a distribuição dos pontos em relação as variáveis, porém, os modelos indicam que as espécies são mais levemente mais sensíveis a perda de áreas florestadas.

Apesar das ressalvas metodológicas acima descritas, é razoável inferir que todas as espécies modeladas encontram habitats adequados para sua persistência fora da Área Diretamente Afetada pelo Empreendimento (área do reservatório), em ambos os cenários, particularmente na margem direita (ao norte) do rio Ji-Paraná, mas também em alguns fragmentos maiores encontrados na porção média da margem esquerda.

5.3.5.4

Conclusões

Para avaliar a viabilidade ambiental do Empreendimento, o Termo de Referência colocou uma demanda específica no que diz respeito à análise das consequências do enchimento do reservatório e das mudanças projetadas no nível do lençol freático para a flora e fauna terrestre. O modelo estatístico dos fatores relacionados à riqueza de espécies da flora e fauna terrestre e o modelo de probabilidade de ocorrência das espécies foram formulados para contribuir com esta análise. Com relação aos efeitos do enchimento do reservatório, o modelo da probabilidade de ocorrência de espécies indica que há habitats adequados para espécies de anfíbios, répteis, mamíferos, aves e borboletas fora da área de inundação do AHE Tabajara e em grande parte da AID; ou, ao menos, na porção da margem direita do rio Ji-Paraná, melhor preservada. O mesmo ocorre com as espécies arbóreas analisadas. Evidentemente, esta conclusão deve ser entendida dentro das limitações impostas pelo conjunto de dados, em especial, que as espécies modeladas são espécies frequentes e não necessariamente representativas da diversidade ecológica de seus respectivos grupos. Por sua vez, em nenhum caso os modelos de regressão múltipla selecionaram “distância do rio Ji-Paraná” como variável influente na previsão da riqueza de grupos de fauna terrestre e da flora. Conforme argumentado acima, maior probabilidade de impacto direto existiria se a riqueza estivesse concentrada nos habitats marginais ao rio Ji-Paraná. Tal padrão não foi observado em nenhum grupo, com a possível exceção de borboletas frugívoras. O Diagnóstico de fauna reconhece a presença de 8 espécies de borboletas frugívoras exclusivas de parcelas que serão inundadas pelo futuro reservatório, 10 espécies referentes a herpetofauna, 43 espécies de aves, 14 de morcegos e uma de pequenos mamíferos, mas atribui esta suposta distribuição localizada a uma insuficiência amostral, uma vez que todas as espécies são comuns e de ampla distribuição geográfica.

A “Análise da Especificidade Florística entre Diferentes Formações Vegetais Dentro e Fora do Futuro Reservatório” apresentada do diagnóstico da flora, indicou a presença de 173 táxons registrados exclusivamente dentro do futuro reservatório. No entanto, de acordo com a bibliografia consultada, estas espécies possuem ampla distribuição geográfica na Amazônia e em outros Biomas do território nacional, permitindo afirmar que não há ambientes com espécies vegetais de ocorrência restrita às áreas a serem afetadas pelo empreendimento.

Com relação aos efeitos da elevação do nível do lençol freático, os modelos para a pré e pós-instalação não sugerem grandes impactos sobre a flora e fauna terrestre, ou ao menos impactos diretos. A variável HAND50 não contribuiu de forma significativa para o ganho dos modelos de probabilidade de ocorrência de nenhuma das 18 espécies modeladas. Por sua vez, profundidade do lençol freático não foi selecionada como variável importante na previsão da riqueza de nenhum dos grupos. Na prática, isso significa que a profundidade do lençol freático não está significativamente correlacionada nem com a distribuição dos pontos de ocorrência atual das espécies analisadas, nem com a riqueza de cada um dos grupos de fauna considerados, pelo menos diretamente. Um efeito causal indireto da elevação do lençol freático sobre a fauna terrestre mediado por alterações na vegetação não pode ser descartado. Porém, tal efeito indireto dificilmente seria revelado pelos modelos formulados e não existem elementos objetivos e confiáveis para mensurá-lo.