

SUMÁRIO – 12.2.3 - PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS DE TERRA FIRME

12.2.3. PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS DE TERRA FIRME	12.2.3-1
12.2.3.1. INTRODUÇÃO	12.2.3-1
12.2.3.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS	12.2.3-4
12.2.3.2.1. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES.....	12.2.3-5
12.2.3.2.2. RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA ESPACIAL E A COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	12.2.3-6
12.2.3.2.3. DISSIMILARIDADE E AGRUPAMENTO (ENTRE AS PARCELAS DE CADA COMPARTIMENTO).....	12.2.3-8
12.2.3.2.4. ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS.....	12.2.3-12
12.2.3.2.5. RIQUEZA FLORÍSTICA E ÍNDICES DE DIVERSIDADE.....	12.2.3-16
12.2.3.2.6. ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA HORIZONTAL.....	12.2.3-22
12.2.3.2.7. DINÂMICA FLORESTAL	12.2.3-25
12.2.3.2.8. MONITORAMENTO FENOLÓGICO	12.2.3-36
12.2.3.2.9. ESPÉCIES AMEAÇADAS	12.2.3-42
12.2.3.2.10. ESPÉCIES INVASORAS.....	12.2.3-46
12.2.3.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO	12.2.3-46
12.2.3.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO.....	12.2.3-48
12.2.3.5. ATIVIDADES PREVISTAS	12.2.3-50
12.2.3.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS.....	12.2.3-50
12.2.3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	12.2.3-52
12.2.3.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	12.2.3-54
12.2.3.9. ANEXOS.....	12.2.3-54

12.2.3. PROJETO DE MONITORAMENTO DAS FLORESTAS DE TERRA FIRME

12.2.3.1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Florestas de Terra Firme (PMFTF) tem como objetivo determinar o nível da qualidade dos fragmentos monitorados antes e após o enchimento dos reservatórios do Xingu e Intermediário a partir de dados de diversidade e dinâmica comparativa em fitofisionomias semelhantes da Amazônia e daquelas do diagnóstico do EIA, além da análise de espécies-chave que possam servir como indicadoras de respostas ambientais de curto e médio prazo.

Desde 2012 as Florestas de Terra Firme são monitoradas utilizando a metodologia RAPELD. No **Quadro 12.2.3 - 1** e na **Figura 12.2.3 - 1** são apresentadas a organização e localização dos Módulos RAPELD. Foram realizados estudos de florística, estrutura e dinâmica da floresta, fenologia de espécies arbóreas, nível d'água, declividade e qualidade de solos. O primeiro ciclo deste monitoramento foi encerrado em fevereiro de 2016 com o enchimento dos reservatórios.

O segundo ciclo do monitoramento deste projeto se iniciou com as medições realizadas em 2016, em atendimento aos requisitos apontados na Licença de Operação 1317/2015, condicionante 2.1, que estabelece a execução, de forma ininterrupta, dos programas e projetos inseridos no plano de Conservação dos Ecossistemas Terrestres. Desta forma, em continuidade ao cronograma estabelecido, foi realizada durante o ano de 2018 a remedição das parcelas, com a execução da 4ª campanha de monitoramento.

Neste 15º Relatório Consolidado é apresentado um resumo da evolução das atividades de monitoramento de 2011 até dezembro de 2018, quanto aos monitoramentos fenológicos e de nível d'água, bem como são apresentadas análises completas (florística, fitossociológica e dinâmica florestal) dos períodos pré-enchimento (2012-2014) e pós-enchimento (2016-2018) dos Reservatórios. O Banco de Dados Brutos (BDB) apresentado abrange os dados atualizados até dezembro/18.

Durante o período de referência deste relatório, foi realizada uma reestruturação nos módulos RAPELD monitorados. Tal reestruturação foi recomendada e solicitada ao Ibama pela Norte Energia, em 20 de fevereiro de 2018, por meio da CE 143/2018-SSAI, que encaminhou a Nota Técnica "NT_SSAI_Nº029_PCET", intitulada "Avaliação Integrada dos Resultados dos Projetos de Monitoramento das Florestas de Terra Firme e de Monitoramento da Fauna Terrestre da UHE Belo Monte" (registro do documento no Sistema Eletrônico de Informações – SEI, do Ibama, nº 1750857). Nesta NT foram sugeridas recomendações para o encerramento de todas as atividades de monitoramento de fauna e de flora nos Módulos RAPELD 1 e 8, uma vez que os dados coletados não são passíveis de serem comparáveis entre si e tampouco estas duas localidades podem ser utilizadas com a finalidade de área controle aos impactos do empreendimento. O Ibama, em resposta à NT acima citada, no Parecer

Técnico nº 46/2018-COHID/CGTEF/DILIC (de 09/04/2018), autorizou a descontinuidade dos monitoramentos nos módulos 1 e 8.

Ainda no período de referência deste relatório ocorreu outra necessidade de adequação; em razão da impossibilidade da continuidade dos monitoramentos no Módulo 4. A comunicação de tal fato foi formalizada ao Ibama por meio da CE 0642/2018 - SSAI (**Anexo 12.2.3 - 1**).

Sendo assim, neste relatório as análises foram realizadas considerando dados dos módulos RAPELD 2, 3, 5, 6 e 7.

Quadro 12.2.3 - 1 – Módulos RAPELD em 2018.

MÓDULOS RAPELD ¹																
Id_provi	MODULO2		Id_provi	MODULO3		Id_provi	MODULO4		Id_provi	MODULO5		Id_provi	MODULO6		Id_provi	MODULO7
16	M2		27	M3		39	M4		52	M5		67	M6		80	M7
17	M2T1		28	M3T1		40	M4T1		53	M5T1		68	M6T1		81	M7T1
18	M2T1P1					41	*M4T1P1		54	M5T1P1					82	*M7T1P1
19	M2T1P2					42	*M4T1P2		55	*M5T1P2					83	M7T1P2
20	M2T1P3					43	M4T1P3		56	M5T1P3		69	M6T1P3		84	M7T1P3
21	M2T1P4		29	*M3T1P4		44	M4T1P4		57	*M5T1P4		70	M6T1P4		85	M7T1P4
			30	*M3T1P5		45	M4T1P5		58	M5T1P5		71	M6T1P5		86	*M7T1P5
			31	M3T1P6					59	M5T1P6		72	M6T1P6		87	M7T1P6
22	M2T2		32	M3T2		46	M4T2		60	M5T2		73	M6T2		88	M7T2
23	M2T2P1		33	M3T2P1		47	M4T2P1		61	*M5T2P1		74	*M6T2P1		89	M7T2P1
24	M2T2P2		34	M3T2P2		48	M4T2P2		62	M5T2P2		75	*M6T2P2		90	M7T2P2
25	M2T2P3		35	M3T2P3		49	M4T2P3		63	*M5T2P3		76	M6T2P3		91	M7T2P3
26	M2T2P4		36	*M3T2P4		50	M4T2P4		64	*M5T2P4		77	M6T2P4		92	M7T2P4
			37	M3T2P5		51	*M4T2P5		65	M5T2P5		78	*M6T2P5		93	M7T2P5
			38	*M3T2P6					66	M5T2P6		79	*M6T2P6		94	*M7T2P6

Fonte: Norte Energia (2014) – Adaptado por STCP, 2018.

- Legenda:**
- ¹ Estrutura apresentada no formato do Banco de Dados Brutos (BDB), incluindo o id_provi (id provisório) requerido no Parecer 143/11.
 - * Parcelas com área de 25% à 100% antropizada/alagada (pastagem e/ou agricultura)
 - Módulos RAPELD
 - id-provi
 - Transectos
 - Parcelas em Terra Firme
 - Parcelas Aluviais
 - Parcelas sem indivíduos arbóreos na 1ª medição
 - Parcelas perdidas no pós-enchimento
 - Parcelas não implantadas

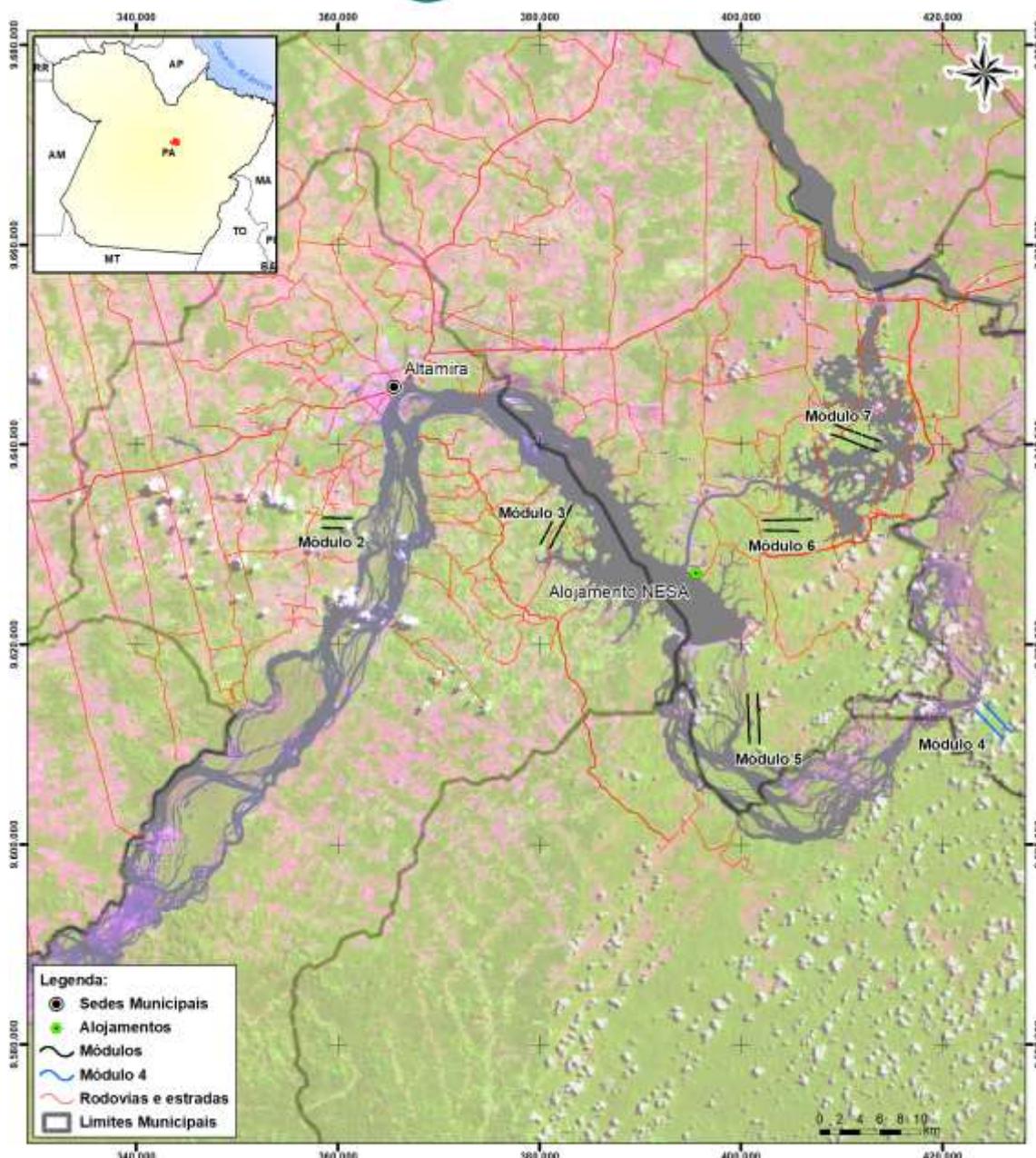


Figura 12.2.3 - 1 – Localização dos Módulos RAPELD.

Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Nesta seção é apresentado um resumo da evolução das atividades desde o início do monitoramento até dezembro de 2018. São apresentados os dados e resultados consolidados distribuídos em (i) Relação entre a distância espacial e a composição de espécies, (ii) Alterações florísticas, (iii) Dissimilaridade e agrupamento (entre as parcelas de cada compartimento), (iv) Alterações florísticas, (v) Riqueza Florística e índices de diversidade; (vi) Alterações na estrutura horizontal; (vii) Dinâmica florestal; (viii) Monitoramento fenológico; (ix) Espécies ameaçadas e (x) Espécies invasoras. Os dados utilizados são cumulativos desde o início do monitoramento. Os dados produzidos estão apresentados neste documento e no Banco de Dados Brutos (15RC

12_2_3 PMFTF (121218)-1 e 15RC 12_2_3 PMFTF (121218)-2). O BDB deste Projeto vem sendo atualizado considerando a prática adotada pela Norte Energia desde o início dos monitoramentos, de revisão dos dados e correção de possíveis desvios, de forma a dar robustez à análise dos mesmos. Assim, esta versão do BDB está completa e ajustada, até o momento.

12.2.3.2.1. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES

Desde o início do monitoramento foram encontradas 646 espécies de plantas (arbóreas e não arbóreas), contemplando 318 gêneros e 82 famílias botânicas (Banco de Dados Brutos 15RC 12_2_3 PMFTF (131218)-1). Dentre elas, 11 espécies encontram-se na lista estadual de espécies ameaçadas (Pará)¹, 10 espécies estão na lista de espécies ameaçadas do MMA², 20 na lista de espécies ameaçadas da IUCN³ e 12 espécies estão na lista do Plano de Ação Nacional (PAN)⁴ para conservação da Flora do médio-baixo Rio Xingu, conforme apresentado no item 12.2.3.2.7 deste relatório.

A estrutura da floresta foi analisada em dois momentos: no “pré-enchimento” (2012 e 2014) e no “pós-enchimento” (2016 e 2018). Ao longo de todo o monitoramento foi constatado um aumento da riqueza e diversidade de espécies.

No pré-enchimento foram constatadas as maiores taxas de ingresso e menores taxas de mortalidade em todos os compartimentos, com consequente aumento da densidade. As taxas de recrutamento nesta fase variaram entre 5,1 e 6,5%.ano⁻¹, enquanto as de mortalidade variaram entre 1,1 e 2,9%.ano⁻¹. A taxa média anual de mortalidade obtida para os Módulos nesta fase representou um valor dentro da amplitude descrita na maioria dos estudos realizados em florestas tropicais e, principalmente, para a Amazônia, que é de 1% a 3%.

A regeneração de espécies alóctones (que não foram plantadas no local) indicou que os fragmentos florestais do entorno são os fornecedores de propágulos e que o banco de sementes da região ainda apresenta características importantes para manter o ciclo ecológico e a diversidade. Esses dados refletem a atuação da fauna que foi atraída para a área por algum motivo (abrigo, alimento, corredores etc.).

A partir de março de 2016, foram coletadas informações de flora já vinculadas ao momento de operação da UHE Belo Monte. Estes dados foram comparados com as análises realizadas entre os anos de 2012 e 2014 com o intuito de captar as

¹ Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA) N° 054 de 24/10/2007

² Portaria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) N° 443 de 2014

³ IUCN 2018. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2.*

⁴ O PAN da Flora foi desenvolvido para 15 espécies ameaçadas de toda a região, porém, destas, apenas 12 ocorrem na região dos Módulos RAPELD.

alterações na tipologia vegetacional oriundas da obra. Os resultados obtidos a partir destas análises estão descritos neste relatório.

Com relação à fenologia das espécies selecionadas *Alexa grandiflora*, *Bertholletia excelsa*, *Dicypellium caryophyllaceum*, *Inga alba*, *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* e *Vouacapoua americana*, apenas as duas primeiras apresentaram uma tendência à padronização fenológica para as fenofases (floração, frutificação e mudança foliar) no período do pré-enchimento, as demais espécies não apresentaram padrão fenológico para nenhuma fenofase (**Anexo 12.2.3 - 2**). Este processo vem seguindo o mesmo direcionamento no pós-enchimento, até o momento.

Para a consolidação dos dados de campo e coleta de informações no segundo ciclo (pós-enchimento), foram inseridos e analisados neste relatório, os dados até a 24ª Campanha do monitoramento fenológico, até a 22ª Campanha de medição do nível do lençol freático e a 4ª medição para avaliação florística e fitossociológica.

Todas as espécies foram atualizadas quanto à taxonomia e lista de espécies ameaçadas de extinção conforme Portaria MMA nº 443/2014, conforme recomendação do Ibama – Parecer 3622/2015.

Todas as análises são tratadas por Compartimento, para que seja possível avaliar os impactos do empreendimento em função do tipo de impacto específico à região afetada, sendo:

- i. Reservatório do Xingu (RX) representado pelos Módulos 2 e 3;
- ii. Trecho de Vazão Reduzida (TVR) representado pelo Módulo 5; e
- iii. Reservatório Intermediário (RI) representado pelos Módulos 6 e 7.

12.2.3.2.2. RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA ESPACIAL E A COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

Foi aplicado o teste de Mantel (Mantel, 1967)⁵ para verificar a relação entre a localização geográfica e a composição florística, ou seja, verificar se a distribuição de espécies ocorre ao acaso ao longo de toda área amostrada ou se a variável localização espacial apresenta efeito sobre tal composição. O referido teste, apresentado no **Quadro 12.2.3 - 2**, cuja hipótese nula corresponde à ausência de padrão espacial, avalia a correlação entre duas matrizes de dissimilaridade, neste caso uma matriz de distância espacial (euclidiana) e outra de distância florística (Bray-Curtis).

⁵ Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, Birmingham, 27(2): 209-220.

De modo a reduzir a influência de espécies com abundâncias elevadas, a matriz florística foi transformada. Esta padronização (divisão pelo total) seguida de transformação (raiz-quadrada) é conhecida por transformação de Hellinger. A distância Hellinger é uma medida assimétrica de associação apropriada para dados de composição de comunidades que contêm muitos zeros (Rao, 1995; Legendre e Gallagher, 2001; Legendre e Legendre, 2012)⁶.

Essa mesma preparação dos dados (transformação de Hellinger) foi também aplicada na análise de dissimilaridade e agrupamento entre as unidades amostrais, sendo estas realizadas com o pacote vegan (Oksanen et al., 2018)⁷ do software R (R Core Team, 2018)⁸.

Quadro 12.2.3 - 2 – Estatísticas do teste de Mantel para verificar a relação entre a distância espacial e a distribuição de espécies nos módulos RAPELD da UHE Belo Monte.

COMPARTIMENTO	MÓDULOS	r (2012)	p - valor	r (2018)	p - valor
Reservatório do Xingu	2 - 3	0,085	0,180 ^{ns}	0,044	0,266 ^{ns}
Trecho de Vazão Reduzida	5	0,437	0,010*	0,388	0,011*
Reservatório Intermediário	6 - 7	0,139	0,002*	0,130	0,019*

r = estatística de Mantel baseada na correlação de Pearson; *indica a existência significativa de dependência espacial (p-valor ≤ 0,05), ^{ns}indica a não existência significativa de dependência espacial (p-valor > 0,05).

Fonte: STCP, 2018.

As análises considerando o TVR e o RI mostraram existir significativa dependência espacial (p < 0,05). Isso significa que a composição florística desses locais está também associada à localização espacial dos referidos compartimentos.

O compartimento RX não apresentou significativa dependência espacial, o que significa que as espécies ocorrem ao acaso ao longo das unidades amostrais localizadas nos módulos 2 e 3, ou seja, não existe um padrão espacial na distribuição das espécies em relação a localização das áreas amostradas.

⁶ Rao, C. R. 1995. A review of canonical coordinates and an alternative to correspondence analysis using Hellinger distance. *Qëstiió (Quaderns d'Estadística I Investigació Operativa)*, 19: 23-63.

Legendre, P.; Gallagher, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129: 271-280.

Legendre, P.; Legendre, L. 2012. *Numerical Ecology*. 3rd English ed. Elsevier.

⁷ Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlenn, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs, Helene Wagner (2018). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5 - 1.

⁸ R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

Observa-se também, que em todos os compartimentos a estatística de Mantel (r) reduziu em 2018, acarretando em uma diminuição da correlação entre composição florística e localização espacial, indicando uma maior distribuição das espécies entre as diferentes unidades amostrais ao longo do período de monitoramento.

12.2.3.2.3. DISSIMILARIDADE E AGRUPAMENTO (ENTRE AS PARCELAS DE CADA COMPARTIMENTO)

A comparação florística entre as parcelas de cada compartimento foi realizada com base em uma matriz de abundância de espécies, a partir da qual foi construído um dendrograma de dissimilaridade. Para a elaboração do dendrograma, foram utilizados o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis (Bray e Curtis, 1957)⁹ e o método de agrupamento pela média de grupo (UPGMA - *Unweighted Pair Group Average Method*). Adicionalmente, foi realizada uma análise de coordenadas principais, também denominada MDS – Escalonamento Multidimensional Clássico (Gower, 1966)¹⁰, considerando a matriz de dissimilaridade, de modo a ordenar as parcelas correspondentes a cada compartimento. As análises foram realizadas com os dados da 1ª campanha de monitoramento.

Os dendrogramas de dissimilaridade (**Figuras 12.2.3 - 2, 12.2.3 - 3 e 12.2.3 - 4**) e gráficos de ordenação para cada compartimento (**Figuras 12.2.3 - 5, 12.2.3 - 6 e 12.2.3 - 7**) são apresentados a seguir. As matrizes de dissimilaridade são apresentadas no **Anexo 12.2.3 - 3**.

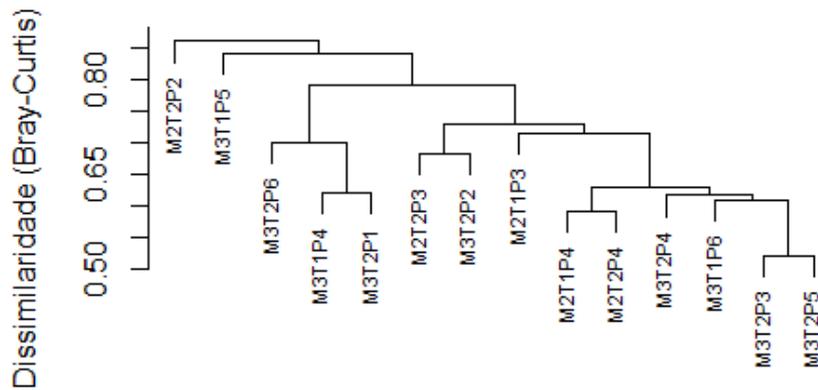
De maneira geral, as parcelas apresentaram alta dissimilaridade florística, indicando a ocorrência de várias espécies com poucos indivíduos representantes. Poucos pares de parcelas apresentaram baixa dissimilaridade (não inferior a 0,38). No compartimento Reservatório Intermediário (módulos 6 e 7) observou-se a ocorrência de alguns pares de parcelas com dissimilaridade igual a 1, ou seja, parcelas com dissimilaridade máxima (ausência de espécies em comum), isso se dá em função das características da parcela M6T2P6 (altamente antropizada) composta por apenas 4 indivíduos pertencentes a 4 diferentes espécies.

Considerando os gráficos de ordenação, é possível verificar que no RX os pontos apresentam uma distribuição aleatória. Por outro lado, no TVR e RI, os pontos tendem a uma distribuição agregada. Tal fato corrobora o resultado do teste de Mantel, indicando uma dependência espacial na distribuição das espécies no TVR e RI, o que não ocorre no RX.

⁹ Bray, J. R.; Curtis, J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.

¹⁰ Gower, J. C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53: 325–328.

RESERVATÓRIO DO XINGU



Average (UPGMA) method

Figura 12.2.3 - 2 – Dendrograma obtido com base na dissimilaridade florística (Bray-Curtis) entre as parcelas do compartimento Reservatório do Xingu da UHE Belo Monte.

Fonte: STCP, 2018.

RESERVATÓRIO DO XINGU

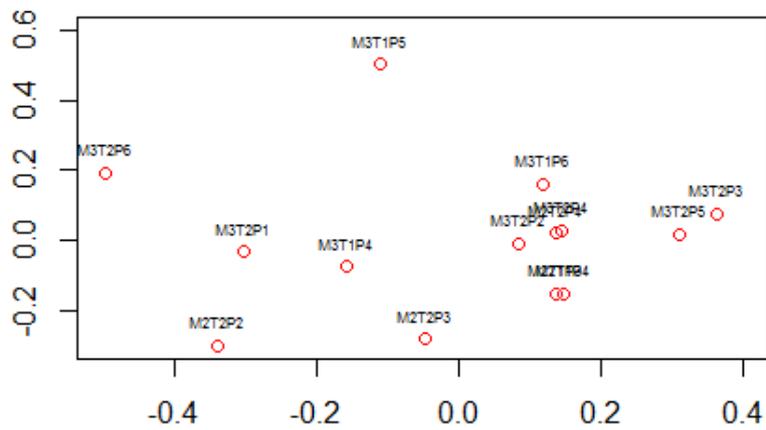


Figura 12.2.3 - 3 – Escalonamento Multidimensional Clássico (MDS) das parcelas do compartimento Reservatório do Xingu da UHE Belo Monte.

Fonte: STCP, 2018.

TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

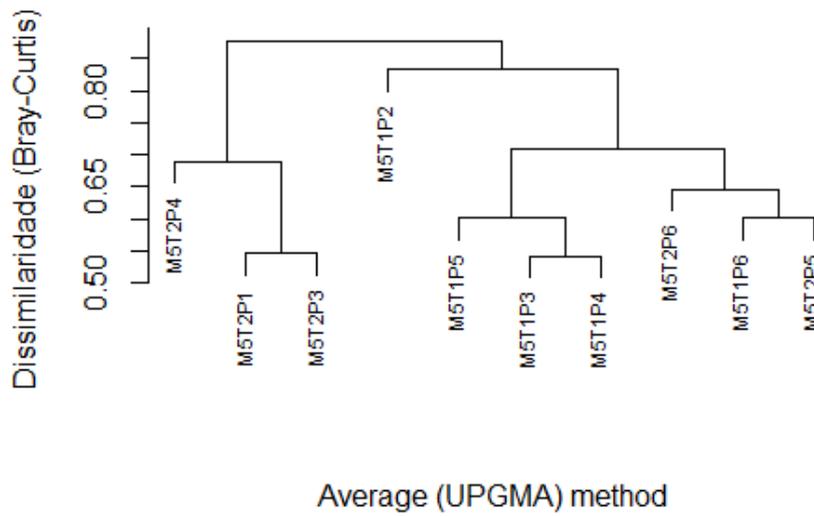


Figura 12.2.3 - 4 – Dendrograma obtido com base na dissimilaridade florística (Bray-Curtis) entre as parcelas do compartimento Trecho de vazão Reduzida da UHE Belo Monte.

Fonte: STCP, 2018.

TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

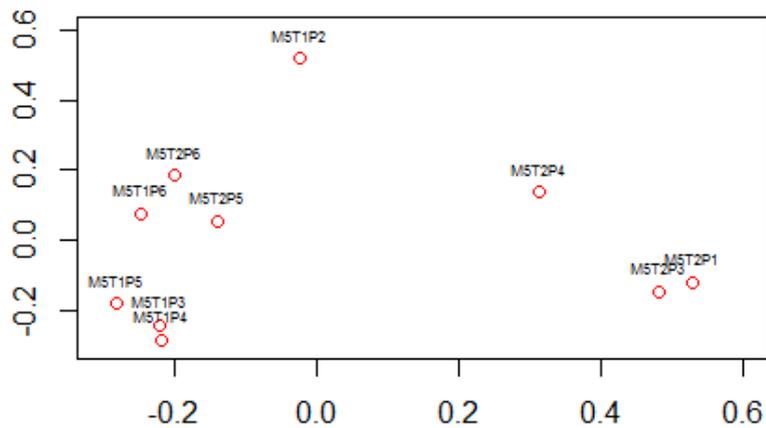


Figura 12.2.3 - 5 – Escalonamento Multidimensional Clássico (MDS) das parcelas do compartimento Trecho de Vazão Reduzida da UHE Belo Monte.

Fonte: STCP, 2018.

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

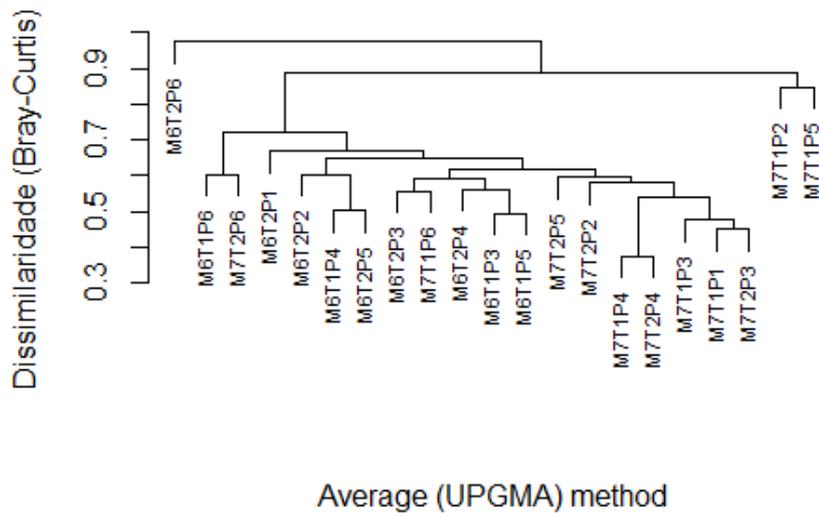


Figura 12.2.3 - 6 – Dendrograma obtido com base na dissimilaridade florística (Bray-Curtis) entre as parcelas do compartimento Reservatório Intermediário da UHE Belo Monte.

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

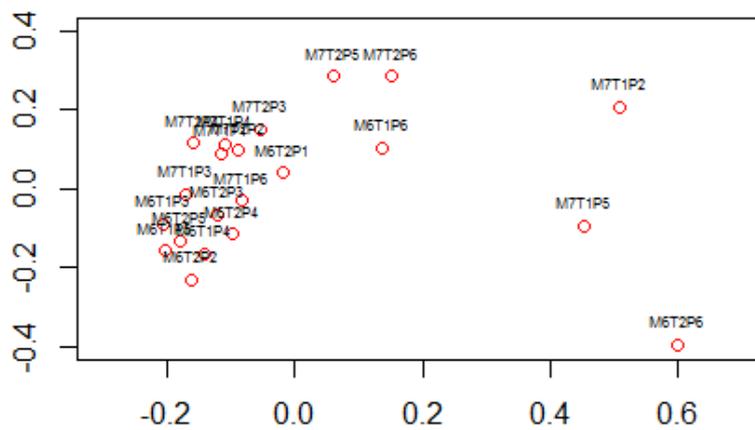


Figura 12.2.3 - 7 – Escalonamento Multidimensional Clássico (MDS) das parcelas do compartimento Reservatório Intermediário da UHE Belo Monte.

Fonte: STCP, 2018.

Nas florestas tropicais úmidas da Amazônia a alta diversidade de espécies existente está associada à alta diversidade de habitats e a grande especialização das espécies na utilização dos mesmos (Alves et al., 2008)¹¹, resultando num grande número de espécies consideradas localmente raras (Hubbell e Foster, 1986; Kochummen et al., 1990; Lieberman e Lieberman, 1994)¹² e na baixa similaridade florística entre parcelas próximas (Amaral et al., 2000; Campbell et al., 1986; Gentry, 1988)¹³. A dissimilaridade entre as comunidades vegetais na Amazônia também está associada, em parte, às variações na topografia, nas características edáficas (Guillaumet, 1987; Gentry, 1988; Tuomisto et al., 1995)¹⁴. Os resultados apresentados acima, quanto à relação entre a distância espacial e a composição de espécies, bem como a dissimilaridade e agrupamento (entre as parcelas de cada compartimento), demonstram que a Floresta de Terra Firme monitorada por meio das ações desse projeto apresenta condições similares ao padrão das florestas amazônicas, retratada na bibliografia citada.

12.2.3.2.4. ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS

As análises das alterações na composição florística foram feitas pela avaliação da presença ou ausência das árvores em cada período de avaliação. Nas quatro campanhas de monitoramento dos módulos RAPELD foram encontradas respectivamente, 8.765, 9.389, 8.916 e 8.434 árvores, distribuídas em 437 espécies arbóreas, pertencentes a 58 famílias botânicas. Nas **Figuras 12.2.3 - 8 a 12.2.3 - 10**

¹¹ Alves, J. C. Z.; Miranda, I. S. 2008. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. *Acta Amazonica*, 38(4): 657-666.

¹² Hubbell, S. P.; Foster, R. B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In: Soulé, M.E. (ed.) *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Massachusetts. 205-231.

Kochummen, K. M.; Lafrankie, J. V.; Manokaran, N. 1990. Floristic composition of Pasoh Forest Reserve, a lowland rain forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 3: 1-13.

Lieberman, M.; Lieberman, D. 1994. Patterns of density and dispersion of forest trees. In: McDade, L.A., Bawa, K.S., Hespenheide, H.A., Hartshorn, G.S. (eds.), *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. University of Chicago Press, Chicago. 106-119.

¹³ Amaral, I. L.; Matos, F. D. A.; Lima, J. 2000. Composição florística e estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme no Rio Uatumã, Amazônia, Brasil. *Acta Amazonica*, 30: 377-392.

Campbell, D. C.; Daly, D. C.; Prance, G. T.; Maciel, U. N. 1986. Quantitative ecological inventory of terra firme and varzea tropical forest on the rio Xingu, *Brazilian Amazon. Brittonia*, 38(4): 369-393.

Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 75: 1-34.

¹⁴ Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 75: 1-34.

Guillaumet, J. L. 1987. Some structural and floristic aspect of the forest. *Experientia*, 43(3): 241-251.

Tuomisto, H., Ruololainen, K.; Kalliola, R.; Linna, A.; Danjoy, W.; Rodriguez, Z. 1995. Dissecting Amazonian biodiversity. *Science*, 269: 63-66.

são apresentadas as evoluções do número de famílias botânicas, espécies e indivíduos arbóreos em cada período de monitoramento para cada compartimento.

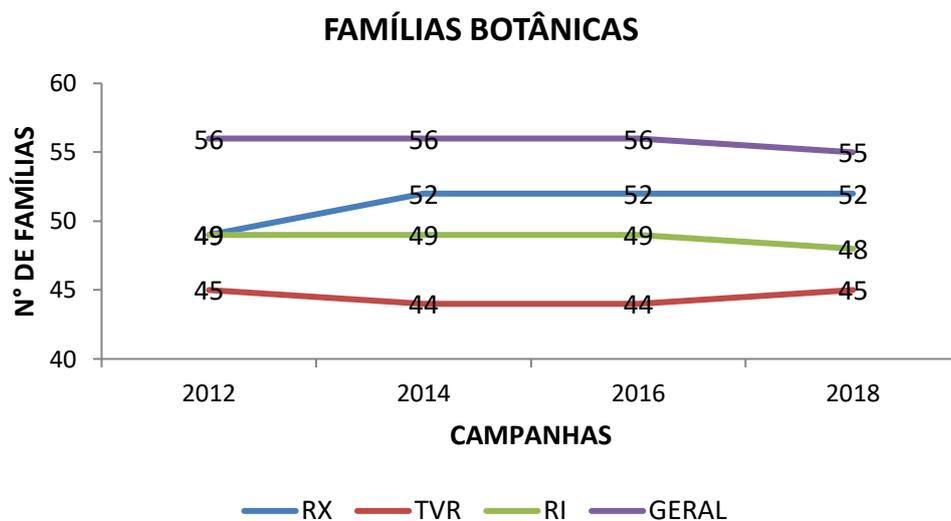


Figura 12.2.3 - 8 – Evolução do número de famílias botânicas em cada período de monitoramento em cada compartimento.

Fonte: STCP, 2018.

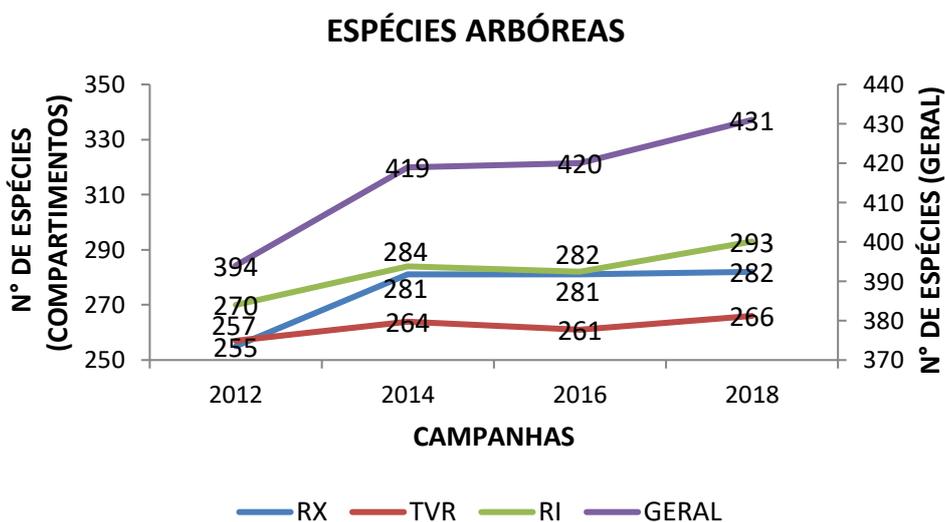


Figura 12.2.3 - 9 – Evolução do número de espécies arbóreas em cada período de monitoramento em cada compartimento.

Fonte: STCP, 2018.

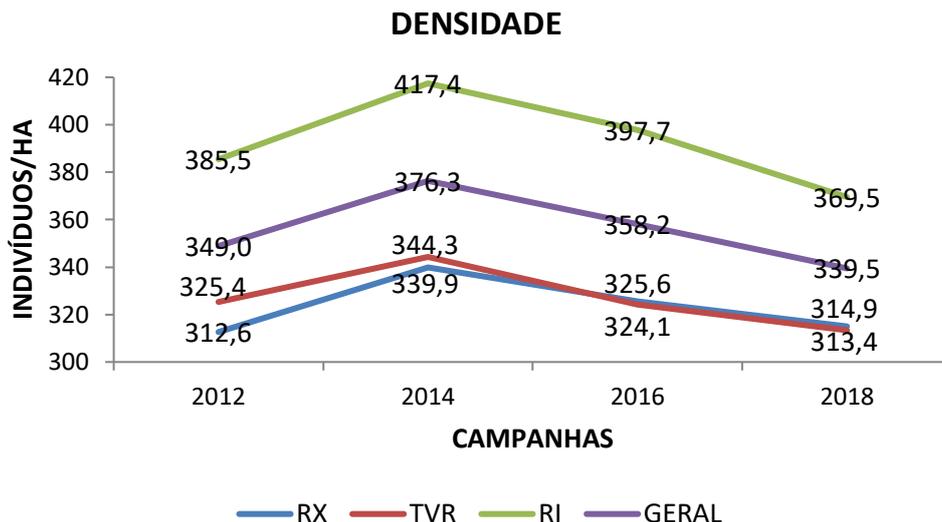


Figura 12.2.3 - 10 – Evolução do número de indivíduos arbóreos em cada período de monitoramento em cada compartimento.

Fonte: STCP, 2018.

Observa-se que no compartimento RX, o número de famílias botânicas aumentou de 49 (2012) para 52 (2014, 2016 e 2018). Houve o ingresso, na segunda campanha, das famílias Bixaceae (representada pela espécie *Cochlospermum orinocense*), Connaraceae (*Connarus erianthus*) e Malpighiaceae (*Byrsonima aerugo* e *Byrsonima crispa*).

No TVR observa-se que em 2018 foi encontrado o mesmo número de famílias que havia em 2012. Contudo, as famílias Cannabaceae (*Trema micrantha*) e Erythroxylaceae (*Erythroxylum amplum*) foram encontradas apenas em 2012. Peraceae (*Pera cf glabrata*) ingressou em 2014 e Solanaceae (*Solanum rugosum*) em 2018.

No RI o número de famílias reduziu de 49 (três primeiras campanhas) para 48 (2018). A família Caryocaraceae (*Caryocar villosum*) ingressou a partir de 2014; Picrodendraceae (*Piranhea trifoliata*) foi encontrada apenas em 2012 e Arecaceae (*Oenocarpus bacaba*) egressou em 2018.

Com relação ao número de espécies arbóreas, observa-se que em todos os compartimentos houve um aumento da diversidade ao longo do período de monitoramento. No RX o número de espécies passou de 255 (2012) para 282 (2018). Ao longo do monitoramento trinta (30) espécies ingressaram: *Annona edulis*, *Annona hypoglauca*, *Annona montana*, *Artocarpus* sp., *Byrsonima aerugo*, *Byrsonima crispa*, *Casearia grandiflora*, *Cochlospermum orinocense*, *Connarus erianthus*, *Dodecastigma integrifolium*, *Eugenia flavescens*, *Guarea silvatica*, *Handroanthus ochraceus*, *Licania longistyla*, *Licania octandra*, *Mouriri brachyanthera*, *Naucleopsis* sp., *Nectandra pulverulenta*, *Ocotea cinerea*, *Pouteria krukovii*, *Pouteria pariry*, *Pouteria* sp., *Protium paniculatum*, *Psidium guajava*, *Randia armata*, *Sacoglottis guianensis*, *Tachigali paraensis*, *Vochysia* sp., *Vouarana guianensis* e *Xylopia amazonica*. Por outro lado, ocorreu o egresso de três (3) espécies: *Eugenia ramiflora*, *Inga cayennensis* e *Trichilia*

micrantha. Já as espécies *Enterolobium maximum*, *Miconia affinis*, *Pterocarpus rohrii*, *Urera caracasana* e *Virola elongata* ingressaram e egressaram ao longo do monitoramento.

No Trecho de Vazão Reduzida o número de espécies passou de 257 (2012) para 266 (2018). Ao longo do monitoramento dezoito (18) espécies ingressaram: *Cardiopetalum sp.*, *Cecropia latiloba*, *Cedrela odorata*, *Dicypellium sp.*, *Dodecastigma integrifolium*, *Eugenia flavescens*, *Eugenia omissa*, *Eugenia sp.5*, *Homalium guianense*, *Ocotea cinerea*, *Parinari montana*, *Pera cf glabrata*, *Pouteria caimito*, *Sloanea grandiflora*, *Solanum rugosum*, *Sorocea guilleminiana*, *Symmeria paniculata* e *Tachigali paraensis*. Nove (9) espécies egressaram: *Annona hypoglauca*, *Erythroxylum amplum*, *Eugenia ramiflora*, *Faramea cf involuclata*, *Hymenaea courbaril*, *Naucleopsis caloneura*, *Trema micrantha*, *Trymatococcus amazonicus*, *Vismia guianense*. Houve ainda, o ingresso (2014) e egresso (2016) da espécie *Handroanthus ochraceus*.

No Reservatório Intermediário o número de espécies passou de 270 (2012) para 296 (2018). Ao longo do monitoramento ingressaram trinta e duas (32) espécies: *Annona edulis*, *Bauhinia acreana*, *Brosimum lactescens*, *Caryocar villosum*, *Diplostropis purpurea*, *Eschweilera bracteosa*, *Eugenia florida*, *Eugenia omissa*, *Eugenia ramiflora*, *Hirtella bicornis*, *Inga alba*, *Inga gracilifolia*, *Mabea speciosa*, *Maquira calophylla*, *Matayba sp.*, *Miconia pyrifolia*, *Naucleopsis caloneura*, *Pouteria anibifolia*, *Protium pallidum*, *Psidium guajava*, *Pterocarpus rohrii*, *Rinorea riana*, *Simaba guianensis*, *Sloanea guianensis*, *Solanum asperum*, *Swartzia arborescens*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia sp.*, *Tachigali paraensis*, *Triplaris weigeltiana*, *Unonopsis guatterioides* e *Vismia cayennensis*. Por outro lado, nove (9) espécies egressaram: *Laetia procera*, *Miconia pyrifolia*, *Ocotea sp. 4*, *Oenocarpus bacaba*, *Piranhea trifoliata*, *Terminalia dichotoma*, *Urera caracasana*, *Xylopia sp. 1* e *Zygia latifolia*. Houve ainda, o ingresso (2014) e egresso (2016) da espécie *Pourouma cecropiifolia*. Destaque para o mogno (*Swietenia macrophylla*) que ingressou em 2018.

Com relação às alterações na densidade de indivíduos, em todos os compartimentos foi observada a mesma tendência, com um aumento do número de árvores na segunda campanha de monitoramento e posterior redução da densidade até o momento atual. Essa tendência é explicada pelas maiores taxas de ingresso e menores taxas de mortalidade no período 2012-2014, apresentadas no item 12.2.3.2.5 deste relatório.

De maneira geral, houve um aumento no número de espécies e uma redução na densidade de indivíduos. Tal fato pode indicar um avanço sucessional da floresta, com a redução do número de indivíduos, em sua maioria pertencentes às espécies pioneiras, e estabelecimento de novas espécies, proporcionado pela melhoria das condições locais necessárias ao desenvolvimento das mesmas. Tal fato é resultado do isolamento das áreas, o que minimizou expressivamente os possíveis fatores de degradação nesses locais (caracterizados por terem antropização pretérita).

12.2.3.2.5. RIQUEZA FLORÍSTICA E ÍNDICES DE DIVERSIDADE

Foram geradas curvas de rarefação para cada compartimento, de modo a comparar a riqueza de espécies nas diferentes unidades amostrais. Por meio deste procedimento é realizada a padronização da intensidade amostral de diferentes áreas, com base no número de indivíduos. Com base na riqueza de espécies de cada compartimento, em cada período de avaliação, foi estimado o número de espécies de cada local por meio dos estimadores de riqueza Chao, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap.

A diversidade florística foi avaliada para cada local em cada período de avaliação por meio do Índice de Shannon-Weaver (H'), Índice de dominância de Simpson (D) e Índice de Equabilidade de Pielou (J). O índice de diversidade de Shannon baseia-se na teoria da informação (Ludwig e Reynolds, 1988)¹⁵ e fornece uma ideia do grau de incerteza em prever, a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população.

Por sua vez, o índice de Simpson tem sua formulação derivada da teoria das probabilidades e é utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Este índice fornece a ideia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem a espécies diferentes ($1-D$) (Gorenstein, 2002)¹⁶.

O índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966)¹⁷. Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

As análises foram realizadas utilizando-se o pacote vegan (Oksanen et al., 2018)¹⁸ do software R (R Core Team, 2018)¹⁹. Cabe destacar que as curvas de rarefação geradas a partir das matrizes florísticas das quatro campanhas de monitoramento apresentaram tendências semelhantes, portanto serão apresentadas somente as curvas de cada compartimento referentes à última campanha de monitoramento (2018), pois neste período observou-se o maior número de espécies amostradas em todos os compartimentos.

¹⁵ Ludwig, J. A.; Reynolds, J. F. 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. New York: John Wiley, 337p.

¹⁶ Gorenstein, M. R. 2002. *Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual*. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

¹⁷ Pielou, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, New York. 10: 370-383.

¹⁸ Oksanen, J. F.; Blanchet, G.; Friendly, M.; Kindt, R.; Legendre, P.; McGlenn, D.; Minchin, P. R.; O'Hara, R. B.; Simpson, G. L.; Solymos, P.; Henry M.; Stevens, H.; Szoecs, E.; Wagner H. 2018. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5 - 1.

¹⁹ R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

12.2.3.2.5.1. RESERVATÓRIO DO XINGU

Nas **Figuras 12.2.3 - 11, 12.2.3 - 12 e 12.2.3 - 13** são apresentados, respectivamente, as curvas de rarefação de espécies, os índices de diversidade e as estimativas de riqueza referentes ao RX.

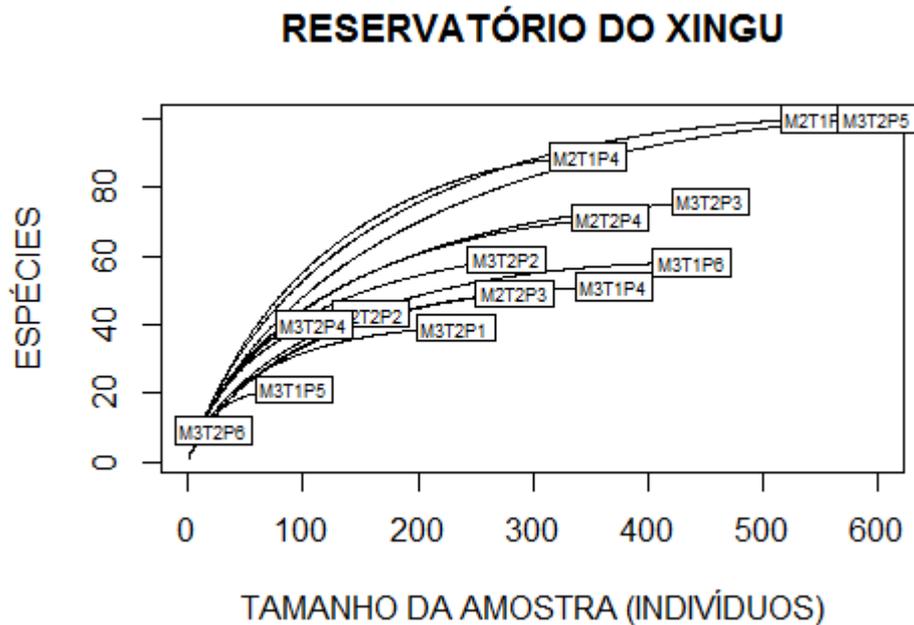


Figura 12.2.3 - 11 – Curvas de rarefação referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

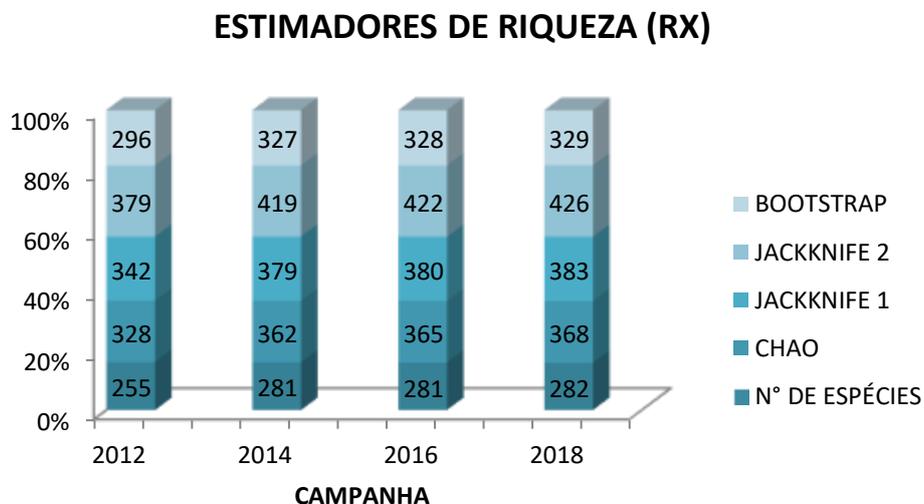


Figura 12.2.3 - 12 – Evolução dos estimadores de riqueza referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

Considerando as curvas de rarefação, observa-se que o número de espécies varia entre as unidades amostrais, bem como a densidade de indivíduos. Com base na maior riqueza observada (2018), a estimativa do número de espécies variou entre 329 e 426.

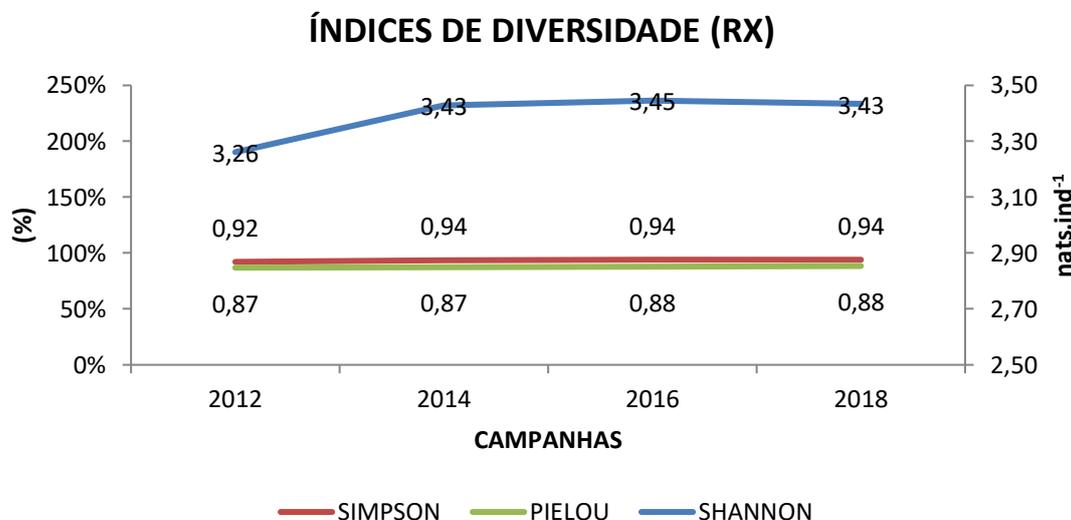


Figura 12.2.3 - 13 – Evolução dos índices de diversidade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

Houve um aumento da diversidade florística, explicado principalmente pelo aumento no número de espécies, visto que não se constatou uma alteração expressiva na densidade. Este fato é corroborado pela pequena variação dos índices de Shannon e Simpson. Da mesma forma, o índice de Equabilidade de Pielou pouco alterou ao longo do período e, de maneira geral, indica uma uniformidade na distribuição da densidade das espécies, ou seja, várias espécies com poucos representantes cada.

12.2.3.2.5.2. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

Nas **Figuras 12.2.3 - 14, 12.2.3 - 15 e 12.2.3 - 16** são apresentados, respectivamente, as curvas de rarefação, os índices de diversidade e as estimativas de riqueza referentes ao TVR.

TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

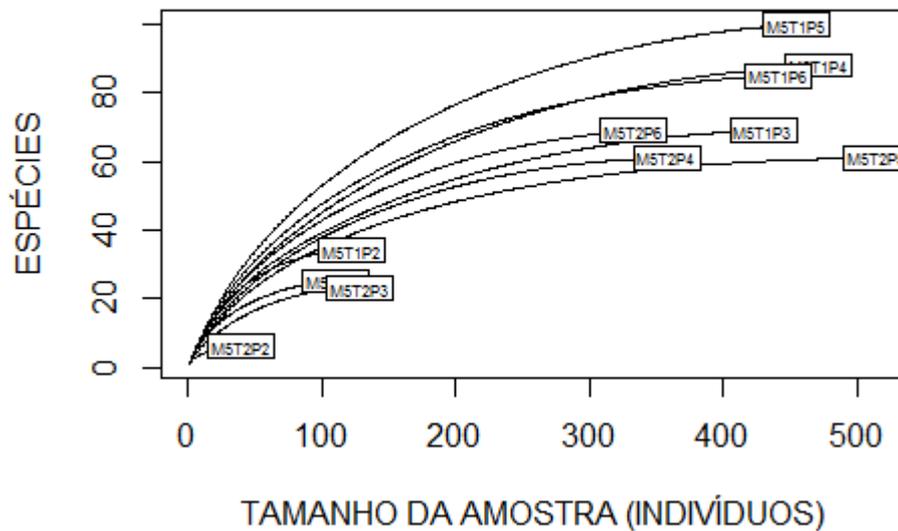


Figura 12.2.3 - 14 – Curvas de rarefação referentes ao compartimento Trecho de Vazão Reduzida.

Fonte: STCP, 2018.

ESTIMADORES DE RIQUEZA (TVR)

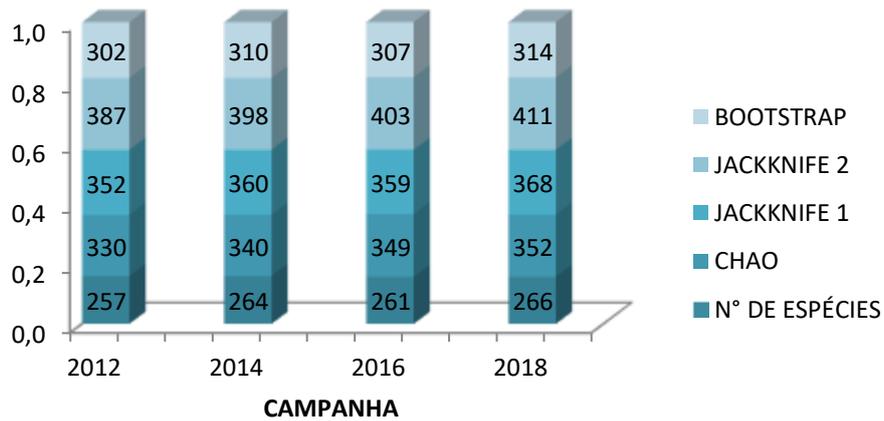


Figura 12.2.3 - 15 – Evolução dos estimadores de riqueza referentes ao compartimento Trecho de Vazão Reduzida.

Fonte: STCP, 2018.

ÍNDICES DE DIVERSIDADE (TVR)

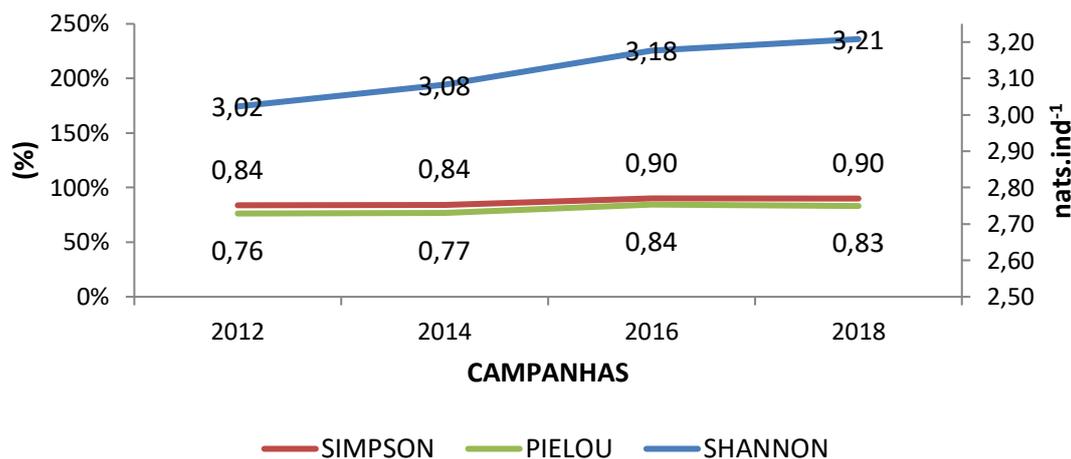


Figura 12.2.3 - 16 – Evolução dos índices de diversidade referentes ao compartimento Trecho de Vazão Reduzida.

Fonte: STCP, 2018.

Comportamento semelhante ao do RX foi observado no TVR. Ou seja, houve um aumento da diversidade florística, explicado pelo aumento no número de espécies e também por uma maior redução da densidade de árvores em comparação ao observado no RX. Com isso, observou-se um aumento dos índices de Shannon, Simpson e Pielou. A curva de rarefação também apresenta a mesma tendência daquela anteriormente apresentada, caracterizada pela variação do número de indivíduos e espécies entre as unidades amostrais. Considerando a maior riqueza observada (2018), a estimativa do número de espécies variou entre 314 e 411.

12.2.3.2.5.3. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Nas **Figuras 12.2.3 - 17, 12.2.3 - 18 e 12.2.3 - 19** são apresentados, respectivamente, as curvas de rarefação, os índices de diversidade e as estimativas de riqueza referentes ao RI.

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

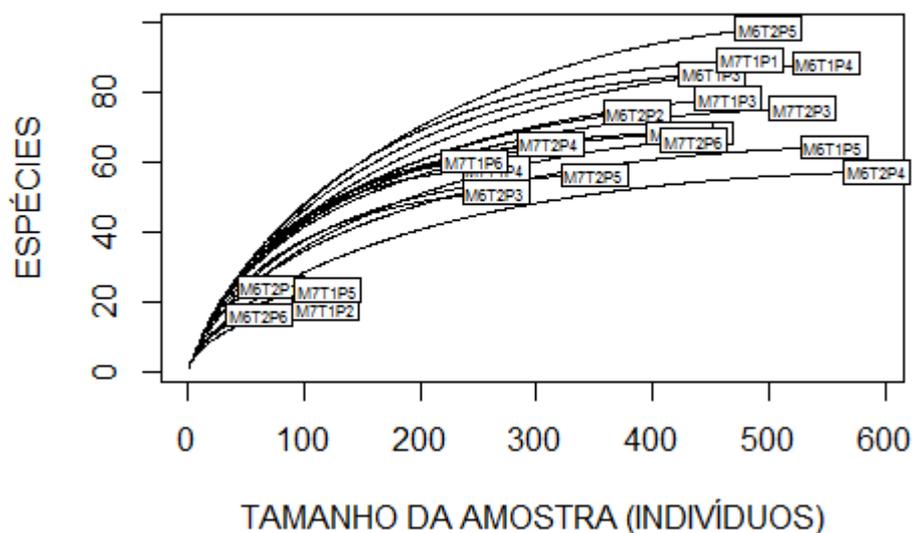


Figura 12.2.3 - 17 – Curvas de rarefação referentes ao compartimento Reservatório Intermediário.

Fonte: STCP, 2018.

ESTIMADORES DE RIQUEZA (RI)

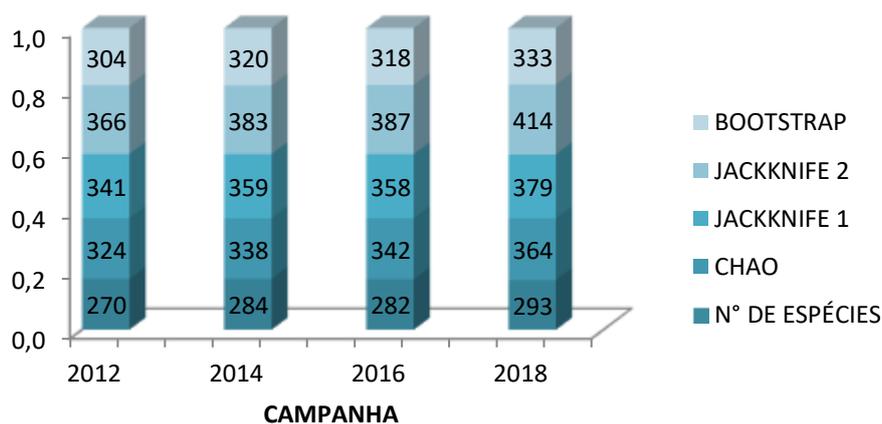


Figura 12.2.3 - 18 – Evolução dos estimadores de riqueza referentes ao compartimento Reservatório Intermediário.

Fonte: STCP, 2018.

ÍNDICES DE DIVERSIDADE (RI)

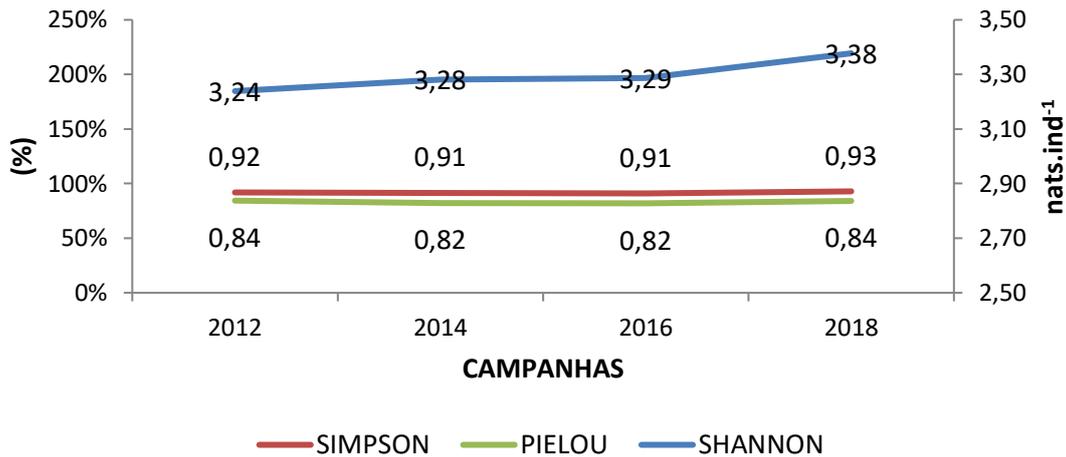


Figura 12.2.3 - 19 – Evolução dos índices de diversidade referentes ao compartimento Reservatório Intermediário.

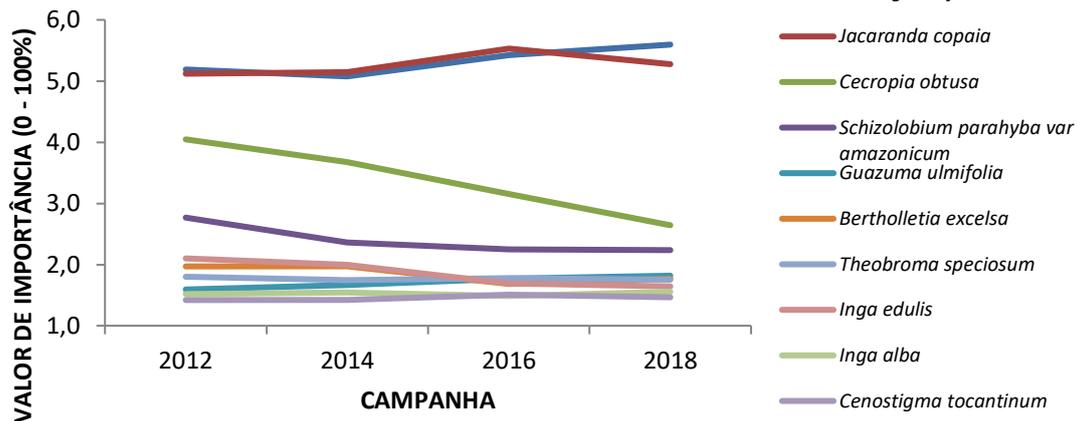
Fonte: STCP, 2018.

No Reservatório Intermediário observou-se, de maneira geral, um aumento da diversidade, corroborado pelo aumento do índice de Shannon. Contudo, houve uma pequena diminuição dos índices de Simpson e Pielou na 2ª e 3ª campanhas de monitoramento, devido a um aumento da densidade (2014) e diminuição do número de espécies (2016), o qual voltou a crescer na 4ª campanha (2018). As curvas de rarefação indicam uma grande variação no número de indivíduos e espécies nas diferentes unidades amostrais do Reservatório Intermediário. Com base na maior riqueza observada (2018), a estimativa do número de espécies variou entre 333 e 414.

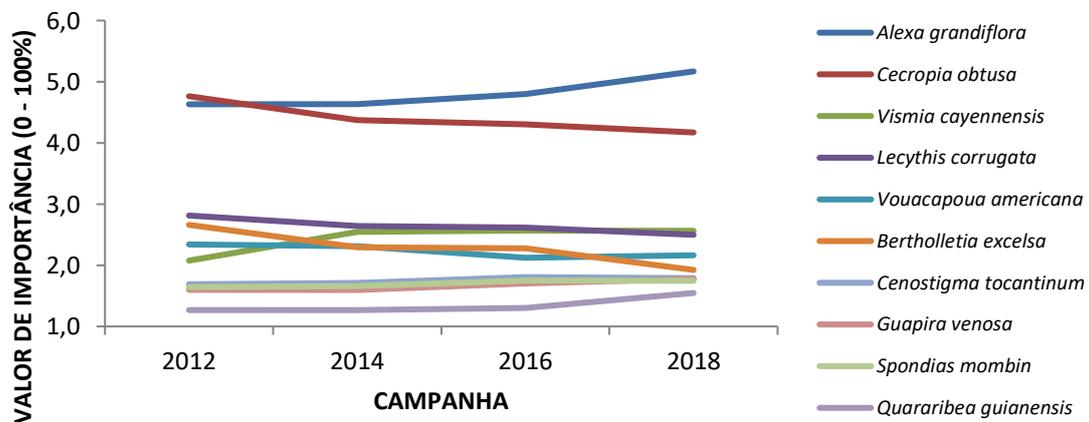
12.2.3.2.6. ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA HORIZONTAL

A estrutura horizontal de cada compartimento em cada período de monitoramento foi caracterizada pelos parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência e dominância das espécies, resultando no respectivo valor de importância, tendo-se como foco, sobretudo, as mudanças ocorridas entre as medições. Nos resultados apresentados neste relatório (**Figura 12.2.3 - 20**), constam apenas as dez (10) espécies com maior valor de importância (VI) em cada compartimento. A tabela completa contendo a estrutura horizontal de cada compartimento em cada período é apresentada no **Anexo 12.2.3 - 4**, no qual as espécies são apresentadas em ordem decrescente com base no valor de importância referente à campanha de 2018.

VALOR DE IMPORTÂNCIA (RX)



VALOR DE IMPORTÂNCIA (TVR)



VALOR DE IMPORTÂNCIA (RI)

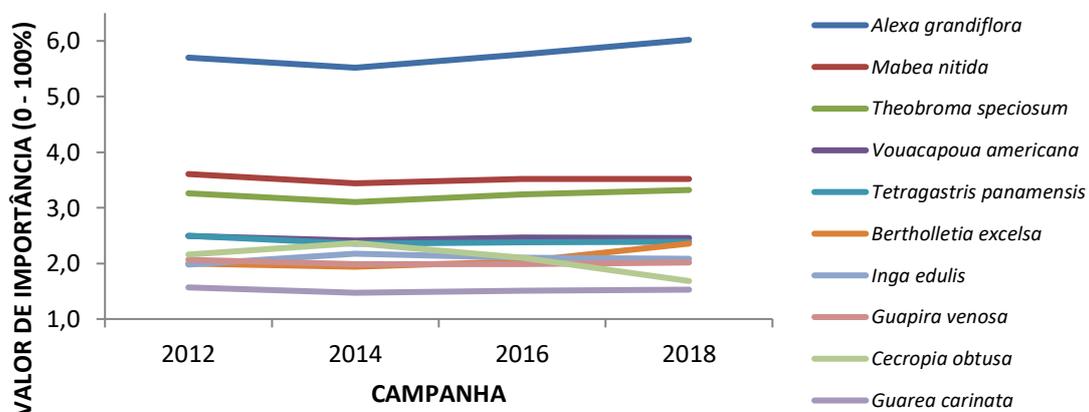


Figura 12.2.3 - 20 – Dez espécies de maior valor de importância (VI) nos compartimentos Reservatório do Xingu, Trecho de Vazão Reduzida e Reservatório Intermediário.

Fonte: STCP, 2018.

Apesar de algumas alterações em relação a posição de importância entre as dez espécies de maior VI em cada compartimento, observa-se que não ocorreram alterações de espécies dentre as principais em todo o período de monitoramento. A única exceção ocorreu no Reservatório Intermediário, onde *Cecropia membranacea* (Embaúba) que, em 2012 apresentava o sexto maior valor de importância, passou em 2018 para o 18º maior VI.

Destaca-se a importância da espécie *Alexa grandiflora* (Melancieiro), que apresentou o maior VI em todos os períodos e em todos os compartimentos. *Cecropia obtusa* (Embaúba-branca), e *Bertholletia excelsa* (Castanheira) estão entre as espécies mais importantes floristicamente em todos os locais avaliados. As características que mais se ressaltam nessas duas últimas espécies são o fato de *Bertholletia excelsa* estar nas listas de espécies ameaçadas de extinção nas categorias “Vulnerável” (Decreto 802/08 SEMA-PA; Portaria 443/14 MMA; IUCN - RED) e “Vulnerável A1 acd, 2cd” (Resolução 54/07 SEMA-PA) e o gênero *Cecropia* contemplar, em geral, espécies pioneiras, o que pode indicar a atual regeneração das áreas monitoradas após antropização pretérita.

Inga edulis (Inga-cipó) e *Theobroma speciosum* (Cacauí) destacam-se nos Reservatórios do Xingu e Intermediário. *Cenostigma tocantinum* (Pau-prezinho) está entre as principais espécies dos compartimentos Reservatório do Xingu e Trecho de Vazão Reduzida. *Guapira venosa* (João-mole) e *Vouacapoua americana* (Acapu) destacam-se no TVR e Reservatório Intermediário, sendo que *Vouacapoua americana* figura nas listas de espécie ameaçada nas categorias “Em perigo” (Portaria 443/14 MMA) e “Em perigo crítico” (IUCN – RED).

Destacaram-se em um único compartimento as espécies:

- Reservatório do Xingu - *Jacaranda copaia* (Parapará), *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Paricá), *Guazuma ulmifolia* (Mutamba) e *Inga alba* (Ingá-vermelho);
- Trecho de Vazão Reduzida - *Vismia cayennensis* (Lacre-branco), *Lecythis corrugata* (Matamatá-casca-vermelha), *Spondias mombin* (Taperebá) e *Quararibea guianensis* (Inajarana); e,
- Reservatório Intermediário - *Mabea nitida* (Taquarí), *Tetragastris panamensis* (Breu-barrotinho) e *Guarea carinata* (Andirobarana).

O fato da maioria das espécies citadas pertencerem ao grupo ecológico das pioneiras (Paricá, Ingá, Breu, Lacre-branco) sugere que os fragmentos estão em processo de regeneração, visto que, após o início do monitoramento da Flora, como consequência da não utilização das áreas por terceiros, foram minimizados expressivamente os possíveis fatores de degradação das mesmas (caracterizadas por terem antropização pretérita), possibilitando o estabelecimento das referidas espécies.

12.2.3.2.7. DINÂMICA FLORESTAL

A dinâmica florestal foi avaliada com base nas taxas de mortalidade (M%) e recrutamento (R%), obtidas pelo levantamento das árvores que ingressaram e egressaram em cada período de avaliação. A partir das taxas de mortalidade e recrutamento foram calculadas as respectivas meia-vida e o tempo de duplicação.

A meia-vida ($t_{1/2}$) representa o número de anos necessários para que uma população seja reduzida em 50% a partir da presente taxa de mortalidade, sendo que, quanto maior a taxa de mortalidade, menor será $t_{1/2}$.

O tempo de duplicação (t_2) representa o número de anos necessário para duplicar o tamanho de uma população a partir da presente taxa de recrutamento. Quanto maior o recrutamento menor o t_2 .

A estabilidade foi calculada a partir da diferença entre o tempo de duplicação e a meia-vida (Korning e Balslev, 1994)²⁰; sendo que quanto mais próximo de zero mais estável seria a comunidade. A rotatividade (anos) foi calculada pela média entre $t_{1/2}$ e t_2 e quanto menor, mais dinâmica é a comunidade. De acordo com Oliveira-Filho et al. (1997)²¹, a taxa de rotatividade foi calculada a partir da média entre as taxas de recrutamento e mortalidade. Neste caso, quanto maior a taxa de rotatividade, maiores as taxas de mortalidade e/ou recrutamento e menor a rotatividade. A rotatividade e a estabilidade foram expressas em anos e a taxa de rotatividade em $\% \cdot \text{ano}^{-1}$.

A comparação entre as taxas de mortalidade e recrutamento e entre períodos foi feita por meio do teste z para comparação de taxas de Poisson (Zar, 2010)²².

12.2.3.2.7.1. RESERVATÓRIO DO XINGU

No Quadro **12.2.3 - 3** são apresentadas as taxas de mortalidade e recrutamento referentes ao RX, obtidas para cada período de monitoramento. São apresentados, ainda, os tempos de meia-vida, duplicação, estabilidade e rotatividade.

²⁰ Korning, J.; Balslev, H. 1994. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 151-166.

²¹ Oliveira-filho, A. T.; Mello, J. M.; Scolforo, J. R. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragmente of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). *Plant Ecology*, 131: 45-66.

²² Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall. 944 p.

Quadro 12.2.3 - 3 – Teste de Poisson e dinâmica para cada período de monitoramento referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

PERÍODO	N/ha (N ₀)	M	R	M (%)	R (%)	T (%)	MUDANÇA	t _{1/2}	t ₂	E	R	z	p
2012-2014	312,6	14,4	41,6	2,3	6,5	4,4	+	30	11	19	20	25,0	0,000*
2014-2016	339,9	23,2	9,0	3,5	1,3	2,4	-	20	53	33	36	-18,5	0,000*
2016-2018	325,6	26,1	15,3	4,1	2,3	3,2	-	17	30	13	23	-12,8	0,000*

N/ha (N₀) = Número de indivíduos por hectare no início do período; M = número de indivíduos mortos por hectare no período; R = número de indivíduos recrutados por hectare no período; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹); T (%) = taxa de rotatividade (%.ano⁻¹); t_{1/2} = meia vida (anos); t₂ = tempo de duplicação (anos); E = estabilidade (anos); R = rotatividade (anos). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson entre as taxas de recrutamento e mortalidade, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

Com base no teste de Poisson, observa-se que em todos os períodos houve diferença significativa entre as taxas de recrutamento e mortalidade. No período 2012-2014 a taxa de recrutamento foi superior, superando em mais de 2,5 vezes à taxa de mortalidade, acarretando no aumento da densidade nesse período. O contrário ocorreu nos dois períodos seguintes, cuja taxa de mortalidade foi superior à taxa de recrutamento. Avaliando as taxas nos diferentes períodos, constatou-se diferença significativa tanto para a taxa de recrutamento quanto para a taxa de mortalidade (**Quadro 12.2.3 - 4**).

Quadro 12.2.3 - 4 – Teste de Poisson para cada período de monitoramento referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

COMPARTIMENTO	TAXA	2014	2016	2018	z (14-16)	p (14-16)	z (16-18)	p (16-18)
RX	M (%)	2,33	3,48	4,09	-9,0	0,000*	-4,0	0,000*
	R (%)	6,45	1,32	2,32	34,1	0,000*	-9,6	0,000*

RX = Reservatório do Xingu; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson para as taxas de recrutamento e mortalidade nos diferentes períodos, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

As evoluções das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade, bem como dos tempos de mudança podem ser visualizadas nas Figuras 12.2.3 - 21 e 12.2.3 - 22, respectivamente.

RESERVATÓRIO DO XINGU

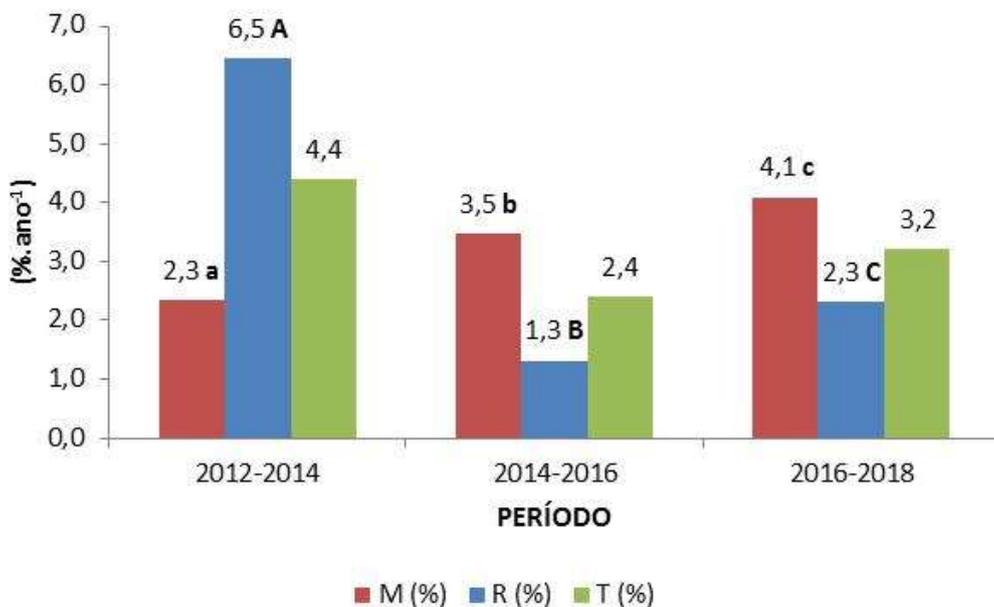


Figura 12.2.3 - 21 – Evolução das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

RESERVATÓRIO DO XINGU

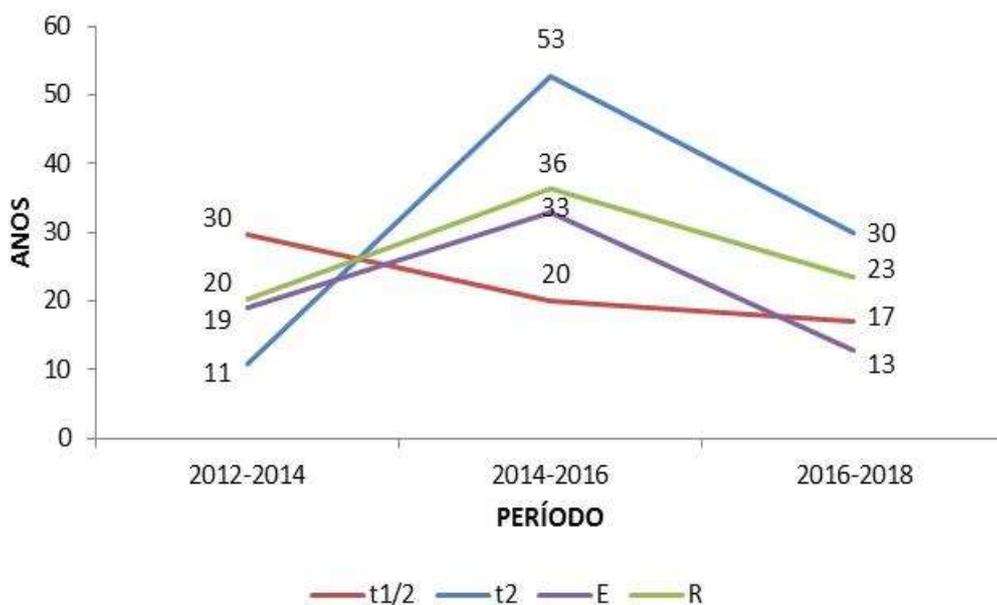


Figura 12.2.3 - 22 – Evolução dos tempos de meia vida, duplicação, estabilidade e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2.7.2. TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

No Quadro 12.2.3 - 5 são apresentadas as taxas de mortalidade e recrutamento referentes ao TVR, obtidas para cada período de monitoramento. São apresentados, ainda, os tempos de meia-vida, duplicação, estabilidade e rotatividade.

Quadro 12.2.3 - 5 – Dinâmica para cada período de monitoramento referente ao compartimento Trecho de Vazão Reduzida.

PERÍODO	N/ha (N ₀)	M	R	M (%)	R (%)	T (%)	MUDANÇA	t _{1/2}	t ₂	E	R	z	p
2012-2014	325,4	18,5	37,4	2,9	5,6	4,2	+	24	12	12	18	16,7	0,000*
2014-2016	344,3	26,0	5,8	3,9	0,8	2,3	-	18	82	64	50	-26,5	0,000*
2016-2018	324,1	26,9	16,2	4,2	2,5	3,4	-	16	28	12	22	-11,8	0,000*

N/ha (N₀) = Número de indivíduos por hectare no início do período; M = número de indivíduos mortos por hectare no período; R = número de indivíduos recrutados por hectare no período; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹); T (%) = taxa de rotatividade (%.ano⁻¹); t_{1/2} = meia vida (anos); t₂ = tempo de duplicação (anos); E = estabilidade (anos); R = rotatividade (anos). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson entre as taxas de recrutamento e mortalidade, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

No TVR a diferença entre o recrutamento e a mortalidade diferiram estatisticamente em todos os períodos avaliados. Observou-se uma mudança positiva (aumento da densidade) no período 2012-2014. Nos períodos posteriores ocorreu o efeito inverso, cujas taxas de mortalidade foram superiores às de recrutamento. Nos três períodos de monitoramento as taxas foram, respectivamente, 5,6%, 0,8%, 2,5% (recrutamento) e 2,9%, 3,9% e 4,2% (mortalidade). Não foi constatada diferença significativa entre as taxas de mortalidade observadas nos períodos 2014-2016 e 2016-2018 (**Quadro 12.2.3 - 6**). Nos demais casos, houve diferença, tanto para mortalidade como para o recrutamento.

Quadro 12.2.3 - 6 – Teste de Poisson para cada período de monitoramento referente ao compartimento Reservatório do Xingu.

COMPARTIMENTO	TAXA	2014	2016	2018	z (14-16)	p (14-16)	z (16-18)	p (16-18)
TVR	M (%)	2,88	3,85	4,24	-7,00	0,000	-1,9	0,054 ^{ns}
	R (%)	5,59	0,84	2,47	35,1	0,000	-17,2	0,000*

TVR = Trecho de Vazão Reduzida; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson para as taxas de recrutamento e mortalidade nos diferentes períodos, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

As evoluções das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade, bem como dos tempos de mudança podem ser visualizadas nas **Figuras 12.2.3 - 23** e **12.2.3 - 24**, respectivamente.

TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

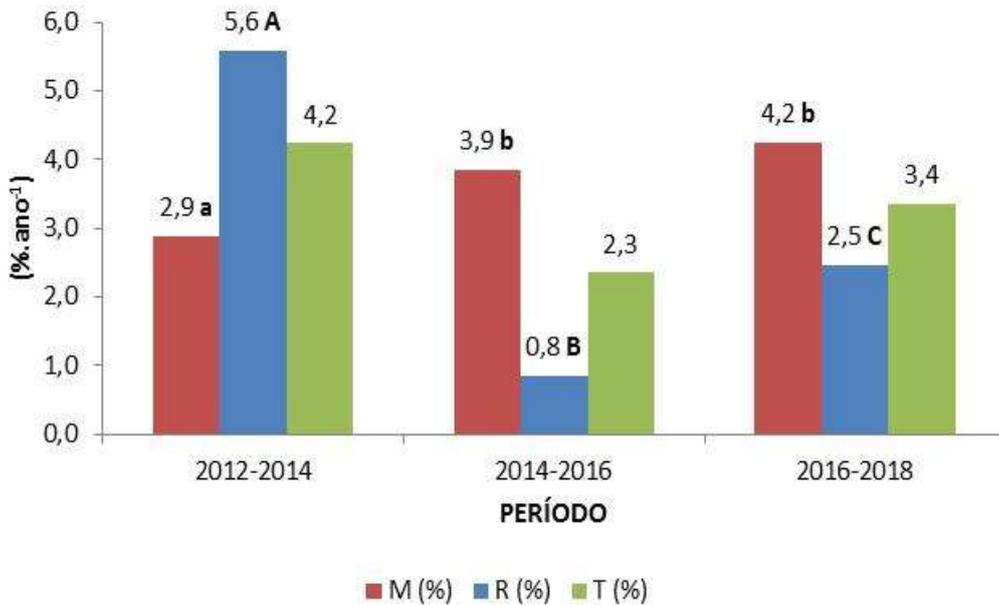


Figura 12.2.3 - 23 – Evolução das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

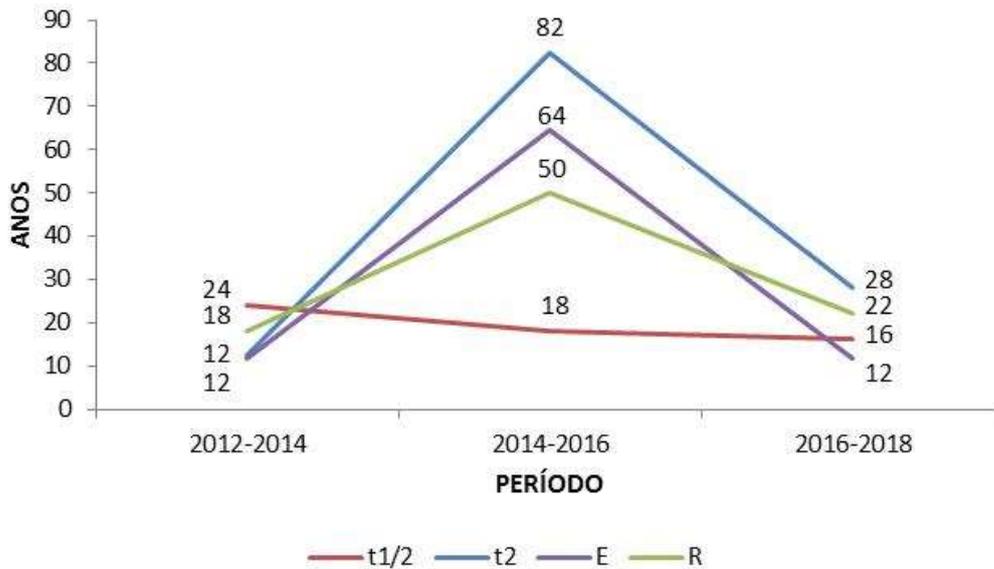


Figura 12.2.3 - 24 – Evolução dos tempos de meia vida, duplicação, estabilidade e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2.7.3. RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

No Quadro 12.2.3 - 7 são apresentadas as taxas de mortalidade e recrutamento referentes ao RI, obtidas para cada período de monitoramento. São apresentados, ainda, os tempos de meia-vida, duplicação, estabilidade e rotatividade.

Quadro 12.2.3 - 7 – Dinâmica para cada período de monitoramento referente ao compartimento Reservatório Intermediário.

PERÍODO	N/ha (N ₀)	M	R	M (%)	R (%)	T (%)	MUDANÇA	t _{1/2}	t ₂	E	R	z	p
2012-2014	385,5	8,2	40,1	1,1	5,1	3,1	+	65	14	51	39	31,7	0,000*
2014-2016	417,4	30,1	10,4	3,7	1,2	2,5	-	19	56	37	37	-22,5	0,000*
2016-2018	397,7	41,7	13,5	5,4	1,7	3,5	-	13	41	28	27	-27,7	0,000*

N/ha (N₀) = Número de indivíduos por hectare no início do período; M = número de indivíduos mortos por hectare no período; R = número de indivíduos recrutados por hectare no período; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹); T (%) = taxa de rotatividade (%.ano⁻¹); t_{1/2} = meia vida (anos); t₂ = tempo de duplicação (anos); E = estabilidade (anos); R = rotatividade (anos). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson entre as taxas de recrutamento e mortalidade, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

Observa-se a mesma tendência observada nos demais compartimentos, ou seja, um recrutamento significativamente superior no período inicial de monitoramento e inferior nos períodos posteriores. O RI, apresentou a menor taxa de mortalidade (1,1%.ano⁻¹) observada dentre todos os compartimentos, sendo esta correspondente ao período 2012-2014. De acordo com o teste de taxas de Poisson, constata-se que tanto as taxas de mortalidade, quanto as taxas de recrutamento diferiram significativamente entre os períodos de monitoramento (**Quadro 12.2.3 - 8**).

Quadro 12.2.3 - 8 – Teste de Poisson para cada período de monitoramento referente ao compartimento Reservatório Intermediário.

COMPARTIMENTO	TAXA	2014	2016	2018	z (14-16)	p (14-16)	z (16-18)	p (16-18)
RI	M (%)	1,07	3,68	5,38	-23,7	0,000*	-11,4	0,000*
	R (%)	5,08	1,24	1,69	30,9	0,000*	-5,3	0,000*

RI = Reservatório Intermediário; M (%) = taxa de mortalidade (%.ano⁻¹); R (%) = taxa de recrutamento (%.ano⁻¹). Valores de p < 0,05 indicam diferença significativa pelo teste z de Poisson para as taxas de recrutamento e mortalidade nos diferentes períodos, a 95% de probabilidade.

Fonte: STCP, 2018.

As evoluções das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade, bem como dos tempos de mudança podem ser visualizadas nas Figuras 12.2.3 - 25 e 12.2.3 - 26, respectivamente.

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

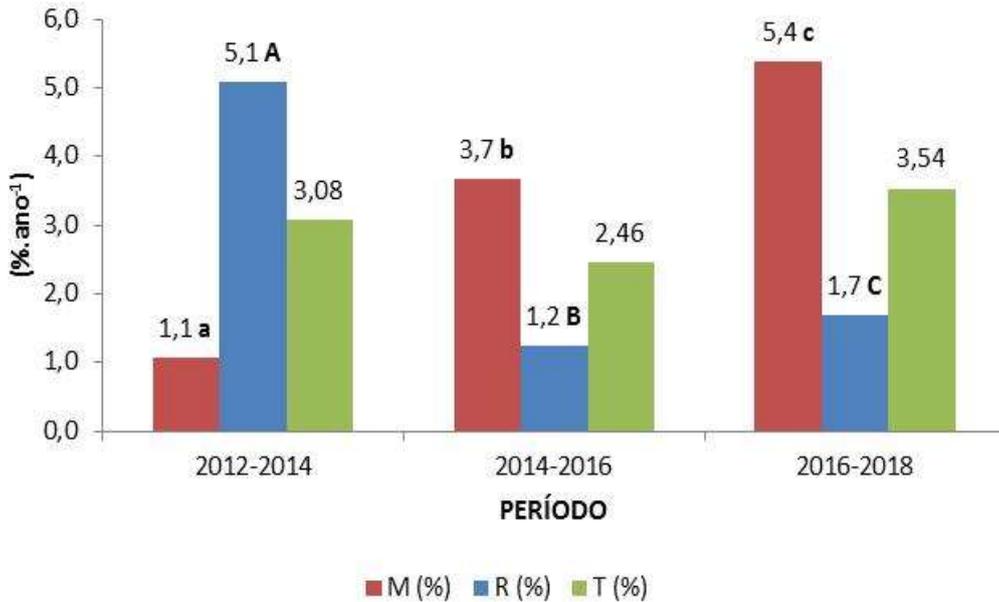


Figura 12.2.3 - 25 – Evolução das taxas de mortalidade, recrutamento e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

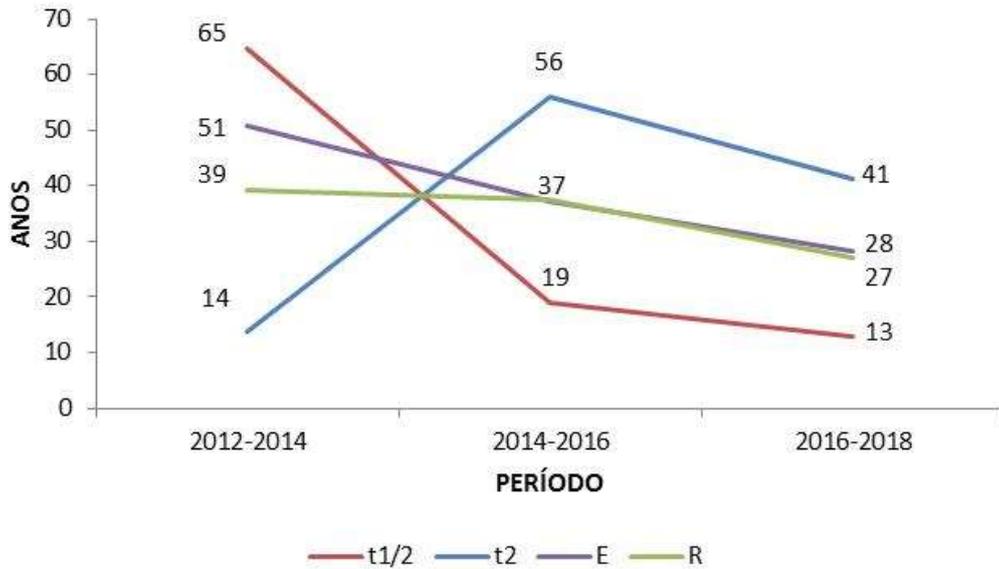


Figura 12.2.3 - 26 – Evolução do tempo de meia vida, duplicação, estabilidade e rotatividade referentes ao compartimento Reservatório do Xingu.

Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2.7.4. RESUMO DA ANÁLISE

De maneira geral a dinâmica florestal apresentou, até o momento, o mesmo comportamento nos três compartimentos. No período 2012-2014 a taxa de recrutamento foi significativamente superior à taxa de mortalidade, resultando em um aumento da densidade em todos os locais. Por outro lado, nos períodos 2014-2016 e 2016-2018 as taxas de mortalidade aumentaram, superando significativamente às de recrutamento.

Em resumo, o recrutamento teve seu máximo no período 2012-2014, reduziu ao seu mínimo no período 2014-2016 e voltou a aumentar no período 2016-2018. Os valores encontrados são próximos aos obtidos em outros trabalhos realizados em florestas não perturbadas da Amazônia, como os de Rocha (2001)²³ (0,90%.ano⁻¹); Higuchi et al., (1997)²⁴ (1,10%.ano⁻¹); Lieberman e Lieberman (1987)²⁵ (1,80%.ano⁻¹); Manokaran e Kochummen (1987)²⁶ (1,40%.ano⁻¹); Teixeira et al. (2007)²⁷ (1,65%.ano⁻¹) e Vasconcelos (2003) (2,30%.ano⁻¹). As maiores taxas de recrutamento observadas no início do período de monitoramento podem ser atribuídas ao isolamento das áreas, das quais muitas estavam submetidas a ações antrópicas, a exemplo do uso com pastagens, antes do início dos monitoramentos.

Por outro lado, a mortalidade aumentou no decorrer do período de monitoramento. Os valores encontrados são próximos aos obtidos em outros trabalhos realizados em florestas não perturbadas da Amazônia, como os de Higuchi et al. (1997)²⁸ (1,03%.ano⁻¹); Teixeira et al. (2007)²⁹ (1,13%.ano⁻¹); Lieberman e Lieberman (1987)³⁰

²³ Rocha, R. M.; Higuchi, N.; Santos, J.; Nakamura, S.; Silva, R. P.; Pinto, A. C. M.; Tribuzy, E.S. 2003. Taxas de recrutamento e mortalidade e mudanças de estoques de fitomassa da floresta primária na região de Manaus-Am. In: Higuchi, N.; Santos, J. dos; Sampaio, P. B. T.; Marengo, R. A.; Ferraz, J.; Sales, P.C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (Eds). *Pesquisas Florestais na Amazônia Central*. Projeto Jacaranda Fase II. 43-54.

²⁴ Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Freitas, J. V. de; Vieira, G.; Cöic, A.; Minette, L. J. 1997. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente. In: Relatório Final do Projeto Bionte. *Biomassa e Nutrientes Florestais – MCT/INPA*. Manaus. 89-131.

²⁵ Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969 – 1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3:347-358.

²⁶ Manokaran, N.; Kochummen, K.M. 1987. Recruitment, grow and mortality of trees in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 3:315-330.

²⁷ Teixeira, L. M.; Chambers, J. Q.; Silva, A. R.; Lima, A. J. N.; Carneiro, V. M. C.; Santos, J.; Higuchi, N. 2007. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. *Acta Amazonica*, 37(3):377-384.

²⁸ Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Freitas, J. V. de; Vieira, G.; Cöic, A.; Minette, L. J. 1997. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente. In: Relatório Final do Projeto Bionte. *Biomassa e Nutrientes Florestais – MCT/INPA*. Manaus. 89-131.

²⁹ Teixeira, L. M.; Chambers, J. Q.; Silva, A. R.; Lima, A. J. N.; Carneiro, V. M. C.; Santos, J.; Higuchi, N. 2007. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. *Acta Amazonica*, 37(3):377-384.

³⁰ Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969 – 1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3:347-358.

(1,80%.ano⁻¹); Peralta et al. (1987)³¹ (2,25%.ano⁻¹); Vasconcelos (2003)³² (2,40%.ano⁻¹) e Carey et al. (1994)³³ (3,30%.ano⁻¹). O aumento das taxas de mortalidade pode estar relacionado aos estresses sofridos pela floresta em função dos alagamentos no período de alta vazão do rio Xingu, acentuados com o enchimento dos reservatórios. Contudo a diferença observada entre a mortalidade no período pós-enchimento foi menor em comparação ao período pré-enchimento, o que pode indicar que a floresta de terra firme está recuperando sua dinâmica natural. Além disso, a inexistência de diferença entre as taxas de mortalidade (2014-2016 e 2016-2018) referentes à floresta de terra firme no compartimento TVR corrobora essa tendência.

Como os tempos de meia-vida e duplicação são derivados e inversamente proporcionais às taxas de mortalidade e recrutamento, respectivamente, a mesma tendência foi constatada em todos os compartimentos. O tempo de meia-vida reduziu desde o início do monitoramento devido ao aumento da taxa de mortalidade. Já o tempo de duplicação teve um aumento, com seu máximo no período 2014-2016, no qual se observaram as menores taxas de recrutamento de todo o período de monitoramento.

12.2.3.2.7.5. ANÁLISE POR CLASSE DIAMÉTRICA

Na Figura **12.2.3 - 27** são apresentados a densidade e o número de árvores mortas por classe de diâmetro para cada compartimento em cada período de avaliação. Observa-se em todos os casos, que a mortalidade se concentrou nas menores classes de diâmetro, fenômeno característico em ambientes naturais.

Estudos realizados na Amazônia brasileira, descreveram maior quantidade de árvores mortas entre os indivíduos das menores classes diamétricas, acompanhando o padrão de distribuição de abundância (Rankin-de-Merona et al., 1990)³⁴. Essa mortalidade nas menores classes sugere que a floresta pode estar alcançando um estágio de maturidade na silvigênese onde as grandes árvores se estabelecem, sombreiam o

³¹ Peralta, R.; Hartshorn, G. S.; Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987. Reseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. In: Clark, D.A.; Dirzo, R.; Fetcher, N. (Eds). Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. *Revista de Biología Tropical*, 35 (1). 23-40.

³² Vasconcelos, S. S. 2003. *Dinâmica de uma floresta explorada seletivamente no Projeto de Colonização Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental*. 71 f. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

³³ Carey, E. V.; Brown, S.; Gillespie, A. J. R.; Lugo, A. E. 1994. Tree Mortality in Mature Lowland Tropical Moist and Tropical Lower Montane Moist Forest of Venezuela. *Biotropica*, 26(3): 255-264.

³⁴ Rankin-de-merona, J. M.; Hutchings, H. R. W.; LOVEJOY, T. E. 1990. Tree mortality and recruitment over a five-year period in undisturbed upland rainforest of the Central Amazon. In *Four Neotropical rainforests* (A.H. Gentry, ed.). Yale University Press, New Haven, p.573-584.

ambiente e o tornam desfavorável para as espécies de menor porte que demandam luz (Oliveira e Felfili, 2008)³⁵.

³⁵ Oliveira, A. P.; Felfili, J. M. 2008. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985-2004). *Revista Brasileira de Botânica*, 31(4):597-610.

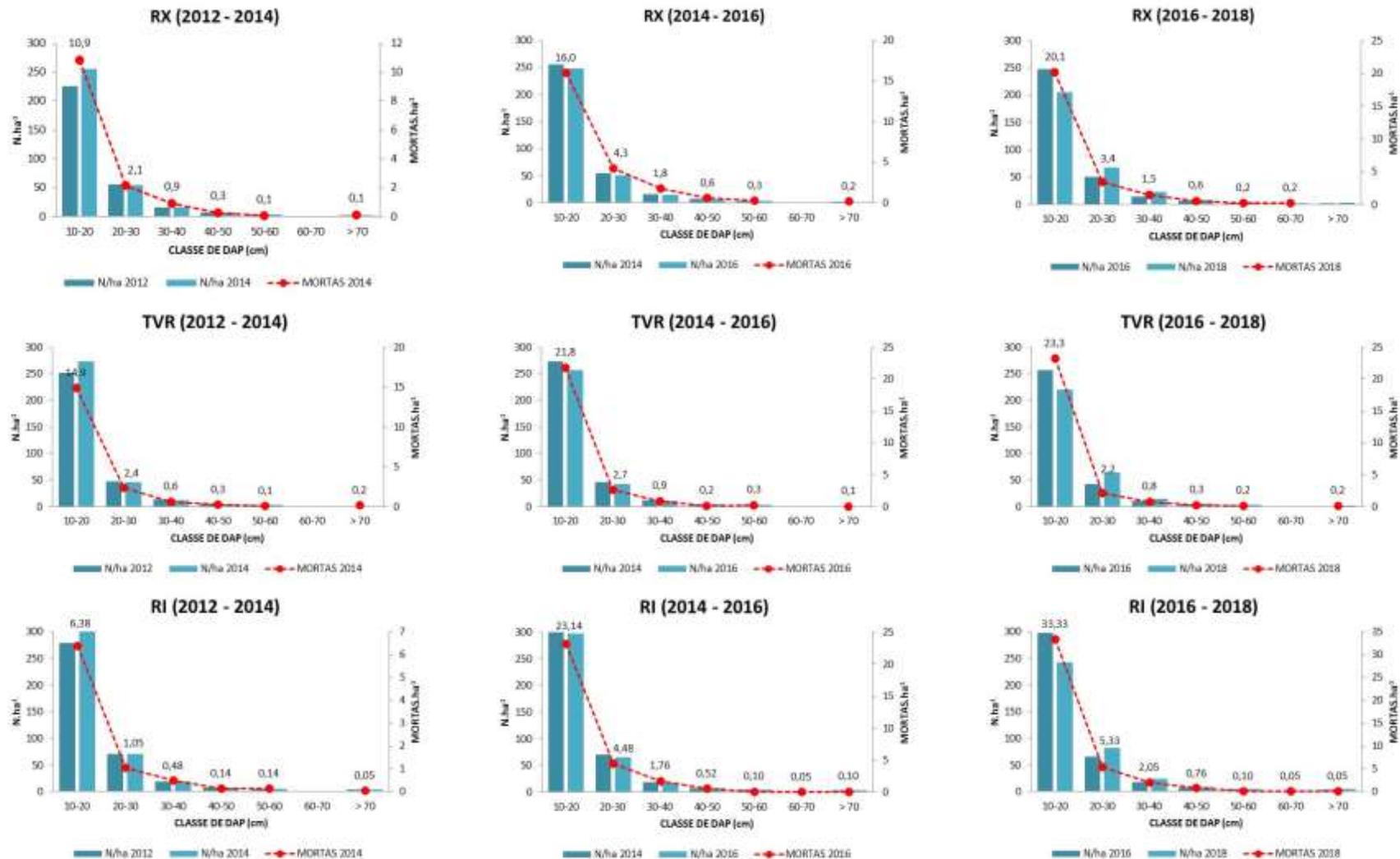


Figura 12.2.3 - 27 – Densidade e mortalidade (indivíduos.ha⁻¹) por classe diamétrica em cada período de monitoramento.
Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2.8. MONITORAMENTO FENOLÓGICO

O monitoramento fenológico vem sendo analisado por compartimento, com o intuito de avaliar as modificações pós-enchimento dos compartimentos RX; RI e TVR. Os compartimentos Montante do Reservatório Xingu - MRX e Trecho de Restituição de Vazão - TRV foram deixados de ser monitorados conforme autorizado no Parecer do Ibama 46/2018, já mencionado.

Desde o início do monitoramento fenológico até o presente relatório, foram analisadas 24 campanhas. O intervalo compreendido desde a 1ª (março de 2013) até a 13ª campanha (fevereiro de 2016) corresponde ao período de pré-enchimento dos reservatórios, enquanto que o período compreendido entre a 14ª (junho de 2016) até a 24ª campanha (novembro de 2018), corresponde ao pós-enchimento dos reservatórios.

Os eventos fenológicos (floração, frutificação e mudança foliar) ocorridos durante o monitoramento das espécies nos períodos citados acima estão relacionados no **Anexo 12.2.3 - 2**. Estes quadros foram atualizados considerando a prática adotada pela Norte Energia desde o início dos monitoramentos, de revisão dos dados e correção de possíveis desvios, de forma a dar robustez à análise dos mesmos.

De modo geral a frutificação e floração foram visualizadas mais vezes na fase de operação (pós-enchimento) mesmo tendo menos campanhas neste período (11 campanhas no pós e 13 campanhas no pré). Apenas no TVR que foi possível observar maior frutificação no pós e maior floração no pré-enchimento (**Figura 12.2.3 - 28**).

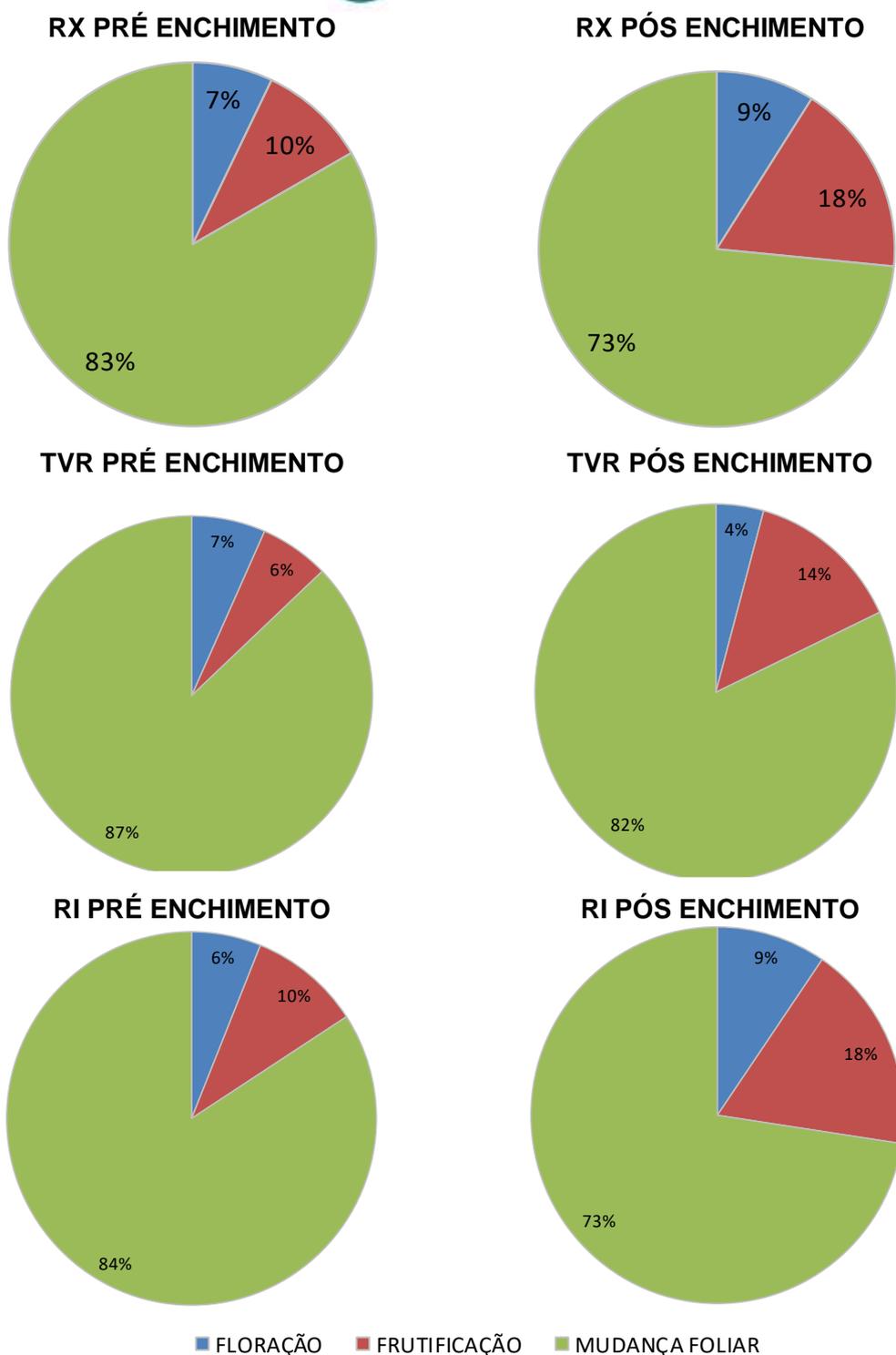


Figura 12.2.3 - 28 – Distribuição dos Eventos Fenológicos por Compartimento no pré e pós-enchimento dos reservatórios Xingu e Intermediário

RX - Reservatório do Xingu; TVR – Trecho de Vazão Reduzida; RI – Reservatório Intermediário.
Fonte: STCP, 2018.

No RX todas as espécies foram visualizadas com floração e frutificação no pós-enchimento (2016-2018) mesmo não sendo visualizadas em todos os anos. (**Quadro 12.2.3 - 9**).

No **Quadro 12.2.3 - 10** é apresentado o resumo dos eventos fenológicos no TVR. No pós-enchimento a floração só não ocorreu para a espécie *S. parahyba* var *amazonicum*, a frutificação ocorreu para todas as espécies.

No RI, em sua fase de pós-enchimento, a floração e a frutificação foram observadas em todas as espécies (**Quadro 12.2.3 - 11**).

Em todos os quatro ciclos, para todos os compartimentos, a mudança foliar apresenta o maior número de eventos, com ênfase nas folhas maduras, com uma amplitude de 41% a 45% do total de eventos desta fenofase. A floração é o evento menos visualizado em todos os compartimentos.

No RX (**Figura 12.2.3 - 29**) apenas *S. parahyba* var *amazonicum* apresentou aumento em sua floração (10%) no pós-enchimento. *A. grandiflora* teve uma redução de 31%, *B. excelsa* uma redução de 8% e *V. americana* uma redução de 3%. Considerando a frutificação, *B. excelsa* foi a única espécie que apresentou aumento (6%); enquanto as demais espécies apresentaram redução.

No TVR (**Figura 12.2.3 - 30**) o comportamento de cada espécie foi diferente do RX. *S. parahyba* var *amazonicum* não apresentou floração no pós e *B. excelsa* aumentou o número de observações no pós-enchimento.

No RI (**Figura 12.2.3 - 31**) duas espécies aumentaram o número de observações no pós-enchimento. O comportamento de *S. parahyba* var *amazonicum* foi semelhante ao RX, com aumento de 13% nas observações no pós-enchimento e *V. americana* teve um aumento de 3% nas observações. Considerando a frutificação, *B. excelsa* e *V. americana* apresentaram aumento no número de observações, na ordem de 22 e 3%, respectivamente. Para as demais espécies o número de observações das fenofases, apresentadas nas **Figuras 12.2.3 - 29 a 12.2.3 - 31**, reduziu no pós-enchimento.

A fenologia das plantas é muito sensível a pequenas variações de chuva, seca, umidade etc. Não é possível avaliar se a fase da operação tem tido influência no período e quantidade de fenofases visualizada nas campanhas.

Quadro 12.2.3 - 9 – Número de fenofases por espécie (RX).

ESPÉCIE	FLORAÇÃO						FRUTIFICAÇÃO						MUDANÇA FOLIAR					
	PRÉ*			PÓS			PRÉ			PÓS			PRÉ			PÓS		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Alexa grandiflora</i>	6	7	27	0	5	5	4	5	11	10	10	15	41	54	97	60	40	40
<i>Bertholletia excelsa</i>	3	5	5	10	15	0	10	19	23	10	15	33	40	50	92	55	35	19
<i>Inga alba</i>	0	3	5	0	0	4	5	0	20	0	9	9	40	71	75	68	38	45
<i>Schizolobium parahyba var amazonicum</i>	0	1	0	0	0	10	0	5	0	0	5	5	41	50	91	70	60	47
<i>Vouacapoua americana</i>	0	3	10	10	0	20	5	2	4	0	0	10	40	47	81	65	30	20
Total	9	19	47	20	20	39	24	31	58	20	39	72	202	272	436	318	203	171

* O período de pré-enchimento foi encerrado em março de 2016.

Fonte: STCP, 2018.

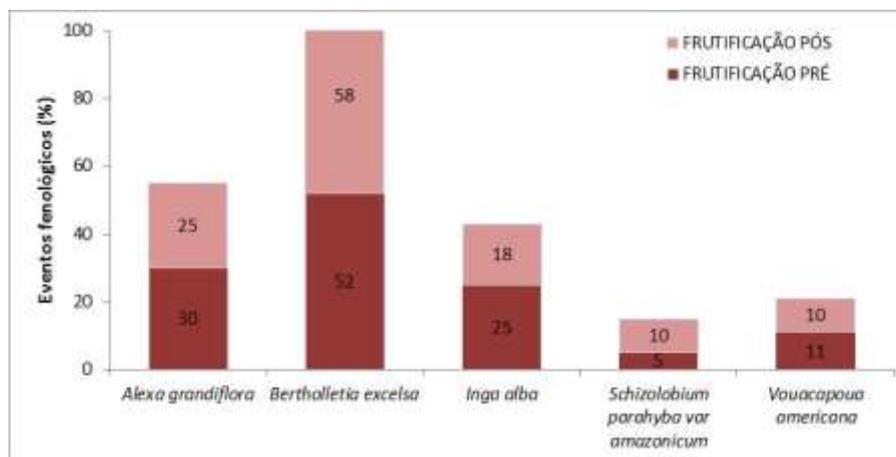
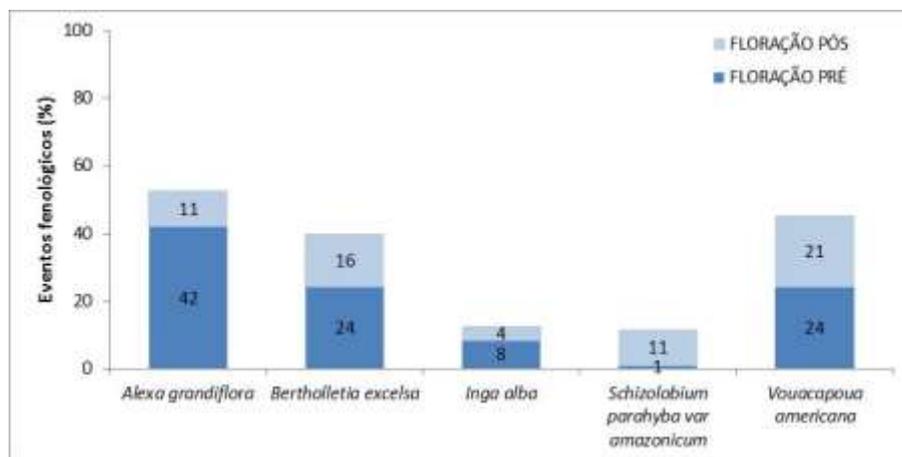


Figura 12.2.3 - 29 – Porcentagem de floração e frutificação por espécie (RX) nos períodos pré e pós-enchimento dos reservatórios.

Fonte: STCP, 2018.

Quadro 12.2.3 - 10 – Número de fenofases por espécie (TVR).

ESPÉCIE	FLORAÇÃO						FRUTIFICAÇÃO						MUDANÇA FOLIAR					
	PRÉ*			PÓS			PRÉ			PÓS			PRÉ			PÓS		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Alexa grandiflora</i>	6	2	20	0	5	5	1	4	10	10	5	5	41	52	85	63	50	25
<i>Bertholletia excelsa</i>	5	8	5	5	10	0	8	9	7	0	35	15	40	64	86	65	50	30
<i>Inga alba</i>	7	1	9	0	0	5	10	0	3	5	10	5	41	54	73	60	55	34
<i>Schizolobium parahyba var amazonicum</i>	0	0	2	0	0	0	0	6	0	0	5	5	40	60	70	54	45	40
<i>Vouacapoua americana</i>	0	0	9	5	4	0	11	0	0	5	0	5	41	53	80	75	45	28
Total	18	11	45	10	19	10	30	19	20	20	55	35	203	283	394	317	245	157

* O período de pré-enchimento foi encerrado em março de 2016.

Fonte: STCP, 2018.

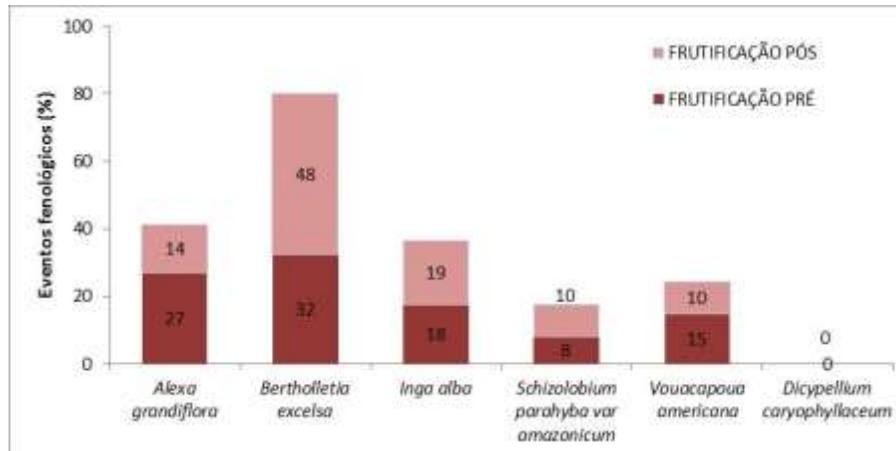
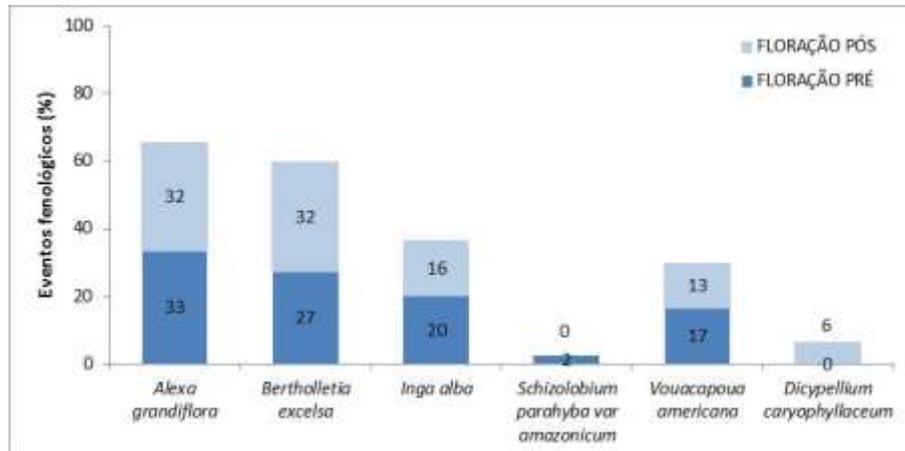


Figura 12.2.3 - 30 – Porcentagem de floração e frutificação por espécie (TVR) nos períodos pré e pós-enchimentos dos reservatórios.

Fonte: STCP, 2018.

Quadro 12.2.3 - 11 – Número de fenofases por espécie (RI).

ESPÉCIE	FLORAÇÃO						FRUTIFICAÇÃO						MUDANÇA FOLIAR					
	PRÉ*			PÓS			PRÉ			PÓS			PRÉ			PÓS		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Alexa grandiflora</i>	2	5	20	0	5	15	5	13	10	5	10	5	40	57	104	55	50	35
<i>Bertholletia excelsa</i>	7	5	11	5	10	5	12	12	19	13	40	40	44	58	107	75	45	40
<i>Inga alba</i>	3	0	8	0	0	9	1	1	5	10	5	5	39	53	90	65	45	37
<i>Schizolobium parahyba var amazonicum</i>	0	1	0	0	0	10	0	3	0	0	10	0	41	43	80	55	45	60
<i>Vouacapoua americana</i>	0	1	5	10	0	15	12	0	2	15	0	10	35	54	84	65	50	25
Total	12	12	44	15	15	54	30	29	36	43	65	60	199	265	465	315	235	197

* O período de pré-enchimento foi encerrado em março de 2016.

Fonte: STCP, 2018.

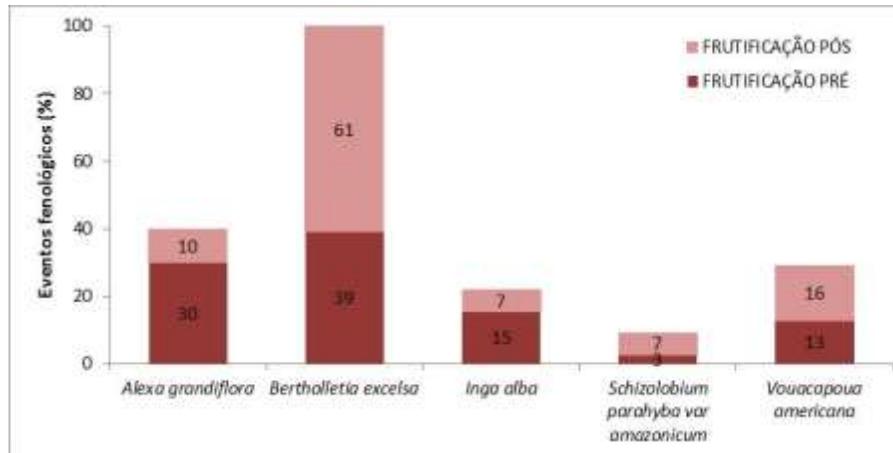
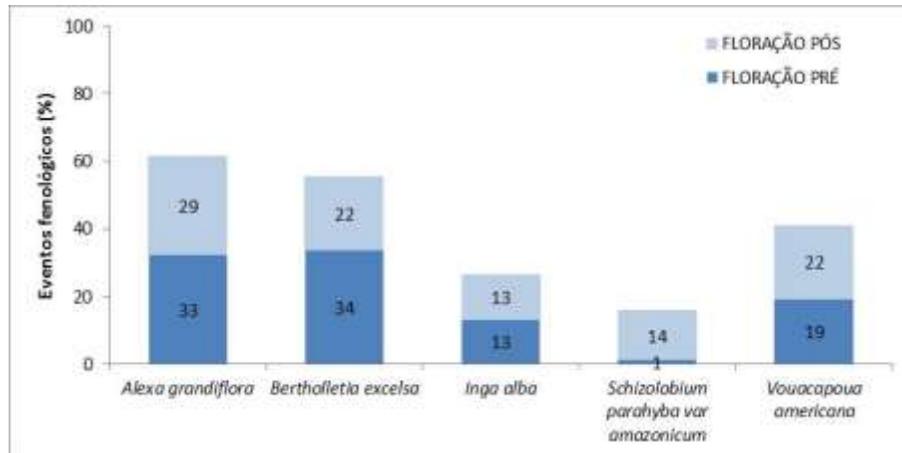


Figura 12.2.3 - 31 – Porcentagem de floração e frutificação por espécie (RI) nos períodos pré e pós-enchimento dos reservatórios.

Dados meteorológicos de precipitação e temperatura média mensal foram correlacionados às fenofases de cada espécie e podem ser observados no **Anexo 12.2.3 - 5**. Em virtude das diferenças nas escalas das variáveis apresentadas, nos fenogramas os valores de temperatura foram divididos por 3. Tal correlação ainda não apresentou padrões para os eventos fenológicos. No entanto, aspectos fenológicos são fundamentais para auxiliar na compreensão dos possíveis impactos causados nas espécies da floresta de terra firme com a alteração do regime hidrológico do rio Xingu, após a formação dos reservatórios.

Desde o início do monitoramento não foi observada uma constância nos eventos fenológicos, sendo essa mesma característica mantida no período de operação da UHE. Após o enchimento dos reservatórios (RX e RI), não foi observada alteração dos períodos sazonais dos eventos fenológicos. Estudos de fenologia da Amazônia também tratam dessa diversidade de comportamento da fenologia das espécies corroborando com os resultados deste estudo. Neste aspecto, muitas não apresentam eventos de floração e frutificação anualmente, sendo que a variação da precipitação e temperatura está intimamente ligada com o comportamento fenológico (Alencar et.al, 1979)³⁶.

Ainda não foi possível associar diretamente essas variações como consequência de impactos do empreendimento, visto que, além das alterações decorrentes do enchimento dos reservatórios, o clima é também fator determinante na fenologia das plantas, como demonstrado por Bergamaschi (2007)³⁷.

Todas as espécies monitoradas vêm apresentando floração durante o período de seca (setembro a dezembro) corroborando com outros estudos realizados na Amazônia, como os de Alencar et al. (1979)²⁵ e Alvarado (2009)³⁸. A frutificação, por sua vez, variou conforme a espécie, com predomínio de frutificação no período de transição entre seca e chuva ou no início das chuvas.

12.2.3.2.9. ESPÉCIES AMEAÇADAS

Com base nos critérios já apresentados, a lista de espécies ameaçadas, encontradas nas parcelas monitoradas em florestas de terra firme, apresenta 27 espécies (**Quadro 12.2.3 - 12**). Destas, 15 espécies foram citadas no EIA e 12 espécies (de um total de

³⁶ Alencar, J. C.; Almeida, R.A., Fernandes, N.P.1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. 9(1): 163- 198.

³⁷ Bergamaschi, H. 2007. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: Rego, C. M.; Negrelle, R. R. B.; Morelato, L. P. C. *Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. Colombo: Embrapa Florestas. p. 291-310.

³⁸ Alvarado, J.R. 2009. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.

15) foram contempladas nas ações previstas no PAN da Flora do médio-baixo Rio Xingu³⁹.

Na **Figura 12.2.3 - 32** são apresentados o número e a abundância de espécies ameaçadas de extinção por compartimento para cada período de avaliação. Poucas alterações referentes à abundância das espécies foram observadas. No compartimento Reservatório do Xingu, destaca-se o ingresso (2014) da espécie *Couratari guianensis* constante da lista IUCN.

No Trecho de Vazão Reduzida ocorreu o ingresso de duas espécies ameaçadas. Em 2014 ingressou *Sorocea guilleminiana* (IUCN) e em 2018 *Cedrela odorata* (Resolução 54/07 SEMA-PA; Portaria 443/14 – MMA e IUCN).

No Reservatório Intermediário a espécie *Swietenia macrophylla* (Resolução 54/07 SEMA-PA; Portaria 443/14 – MMA e IUCN) ingressou em 2018. Tal espécie ainda não tinha sido encontrada em nenhum dos locais monitorados.

³⁹ O PAN da Flora foi desenvolvido para 15 espécies ameaçadas de toda a região, porém, destas, apenas 12 foram encontradas nos monitoramentos realizados nas florestas de terra firme.

Quadro 12.2.3 - 12 – Espécies ameaçadas encontradas na região dos módulos.

Nº	NOME CIENTÍFICO	AUTOR	NOME COMUM	FAMÍLIA	EIA	MMA 443/14	DEC_802	RES_54/07	IUCN
1	<i>Apuleia leiocarpa</i>	(Vogel) J F Macbr	Amarelão	Fabaceae	-	Vulnerável	-	-	-
2	<i>Aspidosperma desmanthum*</i>	Benth. ex Müll. Arg.	Araracanga-preta	Apocynaceae	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A2cd	-
3	<i>Aspidosperma sandwithianum*</i>	Markgr	Araracanga-canoa	Apocynaceae	-	-	Vulnerável	Vulnerável A2cd	-
4	<i>Bertholletia excelsa*</i>	Bonpl.	Castanha-do-Brasil	Lecythidaceae	EIA	Vulnerável	Vulnerável	Vulnerável A1acd, 2cd	VU
5	<i>Cedrela fissilis</i>	Vell.	Cedro-branco	Meliaceae	EIA	Vulnerável	-	-	VU
6	<i>Cedrela odorata*</i>	L.	Cedro	Meliaceae	EIA	Vulnerável	Vulnerável	Vulnerável A1acd, 2cd	VU
7	<i>Couratari guianensis</i>	Aubl.	Tauari	Lecythidaceae	EIA	-	-	-	VU
8	<i>Dicypellium caryophyllaceum*</i>	(Mart.) Nees	Pau-cravo	Lauraceae	-	Vulnerável	Vulnerável	Vulnerável A1cd, D2	VU
9	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	(L.) Haw.	Cacto	Cactaceae	EIA	-	-	-	LC
10	<i>Handroanthus impetiginosus*</i>	(Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	Bignoniaceae	-	-	-	Vulnerável A4cd	-
11	<i>Helicostylis tomentosa</i>	(Poepp. & Endl.) Rusby	Inharé-folha-peluda	Moraceae	EIA	-	-	-	LC
12	<i>Heteropsis flexuosa*</i>	(Kunth) G.S. Bunting	Cipó-titica	Araceae	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A4ad	-
13	<i>Heteropsis spruceana</i>	Schott	Indeterminado	Araceae	-	-	Vulnerável	Vulnerável A4ad	-
14	<i>Hylocereus setaceus</i>	(Salm-Dyck) R.Bauer	Cacto	Cactaceae	-	-	-	-	LC
15	<i>Hymenaea parvifolia</i>	Huber	Jutai-mirim	Fabaceae	-	Vulnerável	-	-	LC
16	<i>Lecythis lurida</i>	(Miers) S.A. Mori	Jarana	Lecythidaceae	EIA	-	-	-	LR
17	<i>Manilkara huberi*</i>	(Ducke) A.Chev.	Maçaranduba	Sapotaceae	EIA	-	Vulnerável	Vulnerável A4cd	-
18	<i>Mezilaurus itauba*</i>	(Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	Lauraceae	EIA	Vulnerável	Vulnerável	Vulnerável A2ac	VU
19	<i>Minuartia guianensis</i>	Aubl.	Acariquara	Olacaceae	EIA	-	-	-	NT
20	<i>Pereskia aculeata</i>	Mill.	Ora-pro-nobis	Cactaceae	-	-	-	-	LC
21	<i>Pouteria oppositifolia</i>	(Ducke) Baehni	Guajará-ferro	Sapotaceae	EIA	-	-	-	VU
22	<i>Pouteria krukovii</i>	(A C Sm) Baehni	Cramurim	Sapotaceae	-	-	-	-	VU
23	<i>Sorocea guillemianiana</i>	Gaudich.	Fura-fura	Moraceae	-	-	-	-	VU
24	<i>Swietenia macrophylla*</i>	King	Mogno	Meliaceae	-	Vulnerável	Vulnerável	Vulnerável A1cd 2cd	VU
25	<i>Trichilia lecointei</i>	Ducke	Cachuá-folha-fina	Meliaceae	-	-	-	-	LR
26	<i>Virola surinamensis*</i>	(Rol. ex Rottb.) Warb.	Ucuúba-da-várzea	Myristicaceae	EIA	Vulnerável	-	-	EN
27	<i>Vouacapoua americana*</i>	Aubl.	Acapu	Mabaceae	EIA	Em Perigo	-	-	CR

* Espécies contempladas por ações previstas no PAN da Flora do médio-baixo Rio Xingu. Além das 12 espécies encontradas nas florestas de terra firme monitoradas, o PAN contempla as espécies *Aspidosperma album* (Vahl) Benoist ex Pichon, *Hymenolobium excelsum* Ducke e *Mourera fluviatilis* Aubl.

Fonte: BIOTA, STCP, adaptado por STCP, 2018.

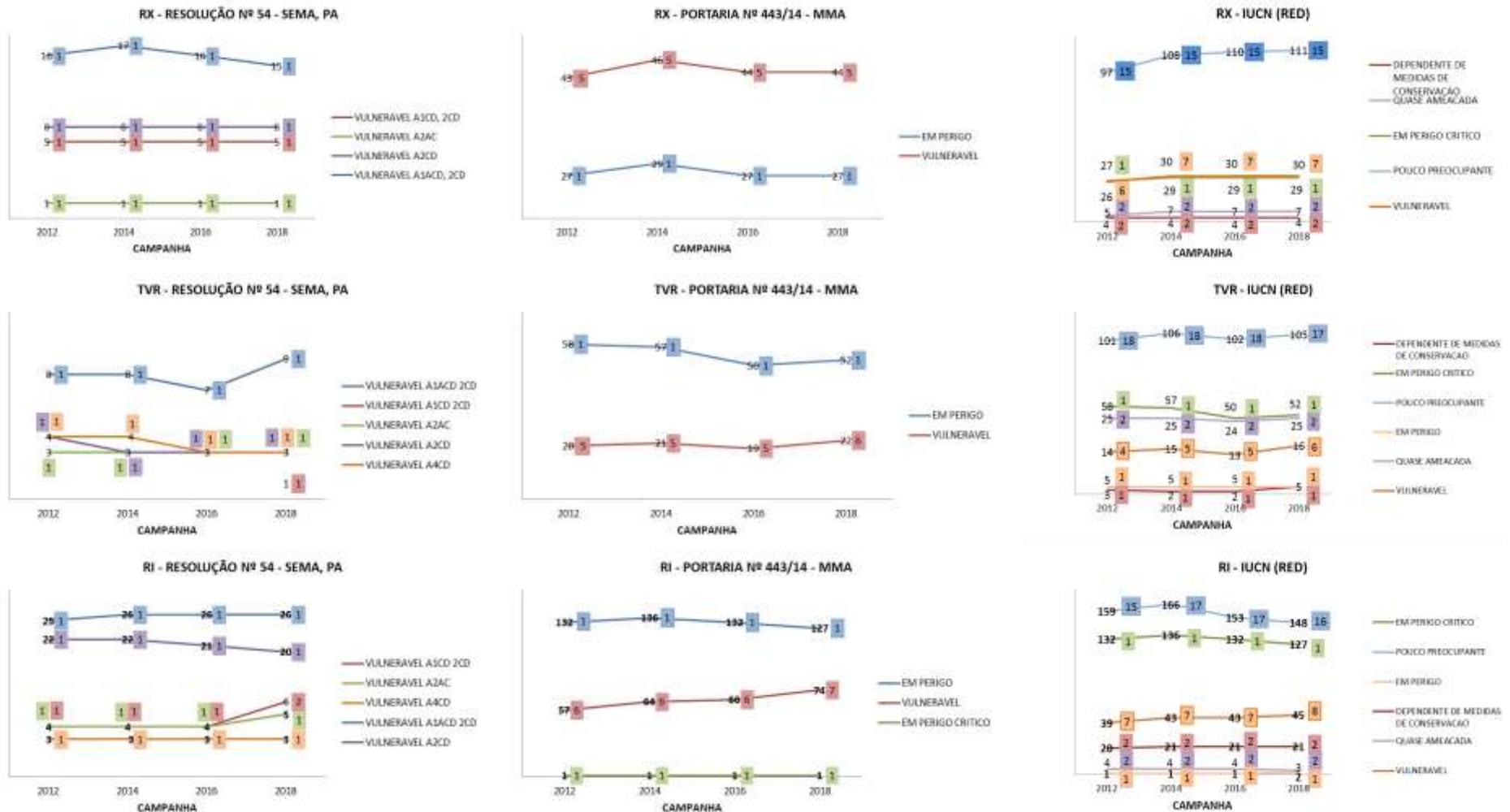


Figura 12.2.3 - 32 – Número de indivíduos (valores fora das caixas) e espécies (valores dentro das caixas) ameaçadas de extinção para cada compartimento.

Fonte: STCP, 2018.

12.2.3.2.10. ESPÉCIES INVASORAS

Até o momento nenhum processo de invasão relacionado às espécies arbóreas foi observado.

12.2.3.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

A planilha de atendimento aos objetivos do Projeto é apresentada a seguir.

OBJETIVOS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Acompanhar os efeitos resultantes da elevação do nível do lençol freático sobre as comunidades vegetais da tipologia da Floresta Ombrófila Aberta (Florestas de Terra Firme) ao longo das novas margens dos reservatórios da UHE Belo Monte, sob o ponto de vista florístico, estrutural e fenológico.</p>	<p>Em atendimento. As análises florísticas e estruturais vêm sendo apresentadas desde 2012 até o momento (a partir do 3º RC). O monitoramento fenológico vem sendo desenvolvido desde 2013 conforme apresentado semestralmente desde o 6º RC.</p>

12.2.3.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

A planilha de atendimento às metas do Projeto é apresentada a seguir.

METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
Avaliar a composição florística e estrutural das áreas de monitoramento selecionadas, antes e após o enchimento dos reservatórios, analisando possíveis modificações ao longo do tempo e comparando-a com os dados obtidos, e se possível, com aqueles da fase de diagnóstico	Antes do enchimento dos reservatórios foi atendido entre 2012 a 2015 (até o 7º RC). O período pós-enchimento dos reservatórios está em atendimento desde 2016, com a apresentação semestral dos RC, a partir do 8º RC.
Documentar a fenologia de espécies dos grupos apontados antes e após o enchimento dos reservatórios e no TVR	Antes do enchimento dos reservatórios foi atendido entre 2013 a 2015 (até o 7º RC). O período pós-enchimento dos reservatórios está em atendimento desde 2016, com a apresentação semestral dos RC, a partir do 8º RC.
Agregar conhecimento científico florístico e ecológico sobre as comunidades vegetais das Florestas de Terra Firme na região da UHE e das espécies a serem afetadas pelo empreendimento	Antes do enchimento dos reservatórios foi atendido entre 2013 a 2015 (até o 7º RC). O período pós-enchimento dos reservatórios está em atendimento desde 2016, com a apresentação semestral dos RC, a partir do 8º RC.
Estabelecer os critérios de inclusão dos remanescentes a serem monitorados, considerando a similaridade do status de conservação e a proteção após formação do reservatório	Atendido. Critério estabelecido utilizando as áreas de preservação permanente (APP)
Medir periodicamente o nível do lençol freático nas parcelas permanentes estabelecidas	Em atendimento desde 2013 até o momento. Resultados parciais podem ser observados a partir do 6º RC.
Caracterizar química e fisicamente os solos das áreas dos estudos florísticos e estruturais, antes e após o enchimento dos reservatórios	Atendido no período antes do enchimento dos reservatórios, podendo ser visualizado até o 7º RC. No período pós-enchimento, a coleta e análise de solos serão realizadas em 2018.
Correlacionar possíveis variações das fenofases previamente identificadas, com as condições impostas pela operação, sobre os grupos monitorados	Em atendimento. A partir do 8º RC podem ser observados resultados parciais. Até o momento não foi observada alteração nas fenofases das espécies monitoradas após a operação da UHE.
Produzir semestralmente estimativas de dinâmica das comunidades estudadas	Em atendimento. Conforme Parecer 3622/15 do IBAMA, como as medições dos módulos são bianuais, não há como produzir resultados semestrais. Portanto a dinâmica de comunidades é apresentada quando há medição dos módulos RAPELD (a cada dois anos).

12.2.3.5. ATIVIDADES PREVISTAS

Considerando o cronograma apresentado no PBA, Parecer 3622/15 e Parecer 46/18⁴⁰ do IBAMA, será feito o monitoramento nos mesmos moldes do PBA da Etapa de Implantação e em pelo menos seis ciclos no período de pós-enchimento (2016 a 2021), conforme Parecer Técnico nº 46/2018-COHID/CGTEF/DILIC. A partir de 2017, os relatórios consolidados para o Ibama deste projeto passaram a ser anuais, conforme autorizado pelo Ofício nº 135/2017/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA.

12.2.3.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O cronograma das atividades previstas é apresentado a seguir.

⁴⁰ O prazo para continuidade dos monitoramentos foi alterado pelo Ibama no Parecer Técnico nº 46/2018-COHID/CGTEF/DILIC, de 09/04/2018 (até completar pelo menos 6 ciclos hidrológicos de pós-enchimento, ou seja, 2016-2021), porém se mantém a metodologia e periodicidade.

Atividades Produtos																																																	
		2015		2016						2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025							
		Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	T3	T4	T1	T2	T3	T4																																		
CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO																																																	
	Projeto de Monitoramento das Florestas de Terra Firme- 12.2.3																																																
1	Monitoramento																																																
1.1	Avaliação estrutural da comunidade vegetal nas parcelas permanentes																																																
1.2	Avaliação fenológica das espécies-alvo nos transectos																																																
1.3	Medição de nível do lençol freático																																																
1.4	Reavaliação do projeto após dois anos do enchimento dos reservatórios																																																
2	Relatórios																																																
2.1	Relatório mensal																																																
2.2	Relatório Consolidado																																																

12.2.3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste de Mantel mostrou existir significativa dependência espacial nos compartimentos TVR e RI, o que não foi observado no RX. Tais resultados foram corroborados pelos gráficos de ordenação, os quais mostraram tendência a uma distribuição agregada dos pontos referentes ao TVR e RI e aleatória no RX.

Ao longo de todo o período de monitoramento foi constatado um aumento na riqueza e na diversidade florística das florestas de terra firme monitoradas em todos os compartimentos avaliados. De forma geral, houve um aumento no número de espécies e uma redução na densidade de indivíduos. Tal fato pode indicar um avanço sucessional da floresta, com a redução do número de indivíduos, em sua maioria pertencentes às espécies pioneiras, e estabelecimento de novas espécies, proporcionado pela melhoria das condições locais necessárias ao desenvolvimento das mesmas. Tal fato é resultado do isolamento das áreas, o que minimizou expressivamente os possíveis fatores de degradação nesses locais (caracterizados por terem antropização pretérita).

As curvas de rarefação geradas para cada local monitorado mostram que há uma grande variação, tanto na densidade de indivíduos como na riqueza de espécies entre as unidades amostrais localizadas em um mesmo compartimento.

Embora tenham ocorrido algumas alterações em relação a posição de importância entre as dez espécies de maior valor de importância (VI) em cada compartimento, observou-se que não ocorreram substituições de espécies, entre as principais, em todo o período de monitoramento. A única exceção ocorreu no Reservatório Intermediário, onde *Cecropia membranacea* (Embaúba) que, em 2012 apresentava o sexto maior valor de importância, passou em 2018 para a 18ª posição. Nesse sentido, destaca-se a importância da espécie *Alexa grandiflora* (Melancieiro), que apresentou o maior VI em todos os períodos e em todos os compartimentos. *Cecropia obtusa* (Embaúba-branca), e *Bertholletia excelsa* (Castanheira) estão entre as espécies mais importantes floristicamente em todos os locais avaliados. Ressalta, ainda, o fato de *Bertholletia excelsa* estar nas listas de espécies ameaçadas de extinção (Decreto 802/08 SEMA-PA; Resolução 54/07 SEMA-PA; Portaria 443/14 MMA; IUCN - RED).

De maneira geral a dinâmica florestal apresentou o mesmo comportamento nos três compartimentos. No período 2012-2014 a taxa de recrutamento foi significativamente superior à taxa de mortalidade, resultando em um aumento da densidade em todos os locais. Por outro lado, nos períodos 2014-2016 e 2016-2018 as taxas de mortalidade aumentaram, superando significativamente às de recrutamento. Em resumo, o recrutamento teve seu máximo no período 2012-2014, reduziu ao seu mínimo no período 2014-2016 e voltou a aumentar no período 2016-2018. As maiores taxas de recrutamento observadas no início do período de monitoramento podem ser atribuídas ao isolamento das áreas, das quais muitas estavam submetidas a ações antrópicas, a exemplo da utilização como pastagens.

Por outro lado, a mortalidade aumentou no decorrer do monitoramento. Contudo a diferença observada entre a mortalidade no período pós-enchimento foi menor em comparação ao período pré-enchimento, o que pode indicar que a floresta está recuperando sua dinâmica natural. Além disso, a inexistência de diferença significativa entre as taxas de mortalidade (2014-2016 e 2016-2018) referentes ao compartimento Trecho de Vazão Reduzida corrobora essa tendência.

Durante o monitoramento constatou-se o ingresso de espécies ameaçadas de extinção em locais onde ainda não haviam sido amostradas, sendo elas: *Couratari guianensis*, *Sorocea guilleminiana* e *Cedrela odorata*. No Reservatório Intermediário, ocorreu o ingresso da espécie *Swietenia macrophylla*, que ainda não tinha sido encontrada em nenhum dos compartimentos monitorados.

De modo geral a frutificação e floração foram visualizadas mais vezes na fase de operação (pós enchimento) mesmo tendo menos campanhas neste período (11 campanhas no pós e 13 campanhas no pré). Apenas no TVR que foi possível observar maior frutificação no pós e maior floração no pré enchimento.

Quanto a fenologia das espécies, no pós-enchimento dos reservatórios, no RX destacam-se *S. parahyba* var *amazonicum* e *B. excelsa* que aumentaram sua porcentagem de eventos de floração e frutificação, respectivamente. No TVR não foi observada floração para *S. parahyba* var. *amazonicum* enquanto que *B. excelsa* aumentou floração e frutificação. E por fim, no RI *S. parahyba* var *amazonicum* e *V. americana* tiveram aumento na floração e frutificação.

Ainda não foi possível associar diretamente essas variações como consequência de impactos do empreendimento, visto que, além das alterações decorrentes do enchimento dos reservatórios, o clima é também fator determinante na fenologia das plantas.

12.2.3.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Aguimar Mendes	Engenheiro Florestal, M.Sc.	Coordenador Geral e responsável técnico	CREA-DF 17984/D	486462
Diogo Pereira de Cristo	Engenheiro Ambiental	Supervisor	CREA-PR 81831/D	3897111
Milena Marmentini de Oliveira	Engenheira Florestal, M.Sc.	Coordenadora	CREA-PR 123788/D	5217872
Mailson Roik	Engenheiro Florestal, Dr.	Apoio Técnico	CRE-PR 122034/D	-
Emerson Jordan da Silva Fontes	Técnico Florestal	Líder de equipe	-	-
Carlos da Silva Rosário	-	Identificador Botânico	-	-
Juliana Puga	Engenheira Cartográfica	Elaboração de Mapas e Figuras	CREA-PR 28668/D	610018

12.2.3.9. ANEXOS

Anexo 12.2.3 – 1 – CE nº 0642/2018 - SSAI

Anexo 12.2.3 – 2 - Eventos Fenológicos

Anexo 12.2.3 – 3 – Matrizes de dissimilaridade

Anexo 12.2.3 – 4 – Estrutura horizontal

Anexo 12.2.3 – 5 - Fenogramas por Espécie

Anexo 12.2.3 – 6 – Relatório Fotográfico