

## UHE SANTO ANTÔNIO

### PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE FAUNA

#### SUBPROGRAMA CONSERVAÇÃO DA ENTOMOFAUNA FASE 2: PÓS-ENCHIMENTO



### FORMIGAS

São Paulo  
Abril 2014

## ÍNDICE GERAL

1. APRESENTAÇÃO.....	3
2. INTRODUÇÃO.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
3.1. Pontos Amostrais.....	6
3.2. Análise dos Dados.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. EQUIPE TÉCNICA.....	63
8. ANEXOS.....	64

## 1. APRESENTAÇÃO

O Subprograma de “Monitoramento da Entomofauna nas Áreas de Influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO” é parte integrante das condicionantes ambientais exigidas para a instalação do referido empreendimento (Processo IBAMA 02001.000508/2008-99). O presente Subprograma está inserido no Programa de Conservação de Fauna, conforme estabelecido no PBA (Plano Básico Ambiental) da UHE Santo Antônio que subsidiou a solicitação da Licença de Instalação junto ao IBAMA e contempla sete grupos de insetos: abelhas euglossíneas, besouros copronecrófagos, borboletas, cupins, formigas, gafanhotos e insetos aquáticos. Atualmente está em andamento a segunda etapa do Monitoramento da Entomofauna, fase pós-enchimento, com amostragens trimestrais. Aqui são apresentados os dados consolidados, da primeira à 13ª campanha, com os resultados incluindo tanto a fase pré-enchimento (primeira à sexta campanha) quanto a pós-enchimento (sétima a 13ª campanha).

## 2. INTRODUÇÃO

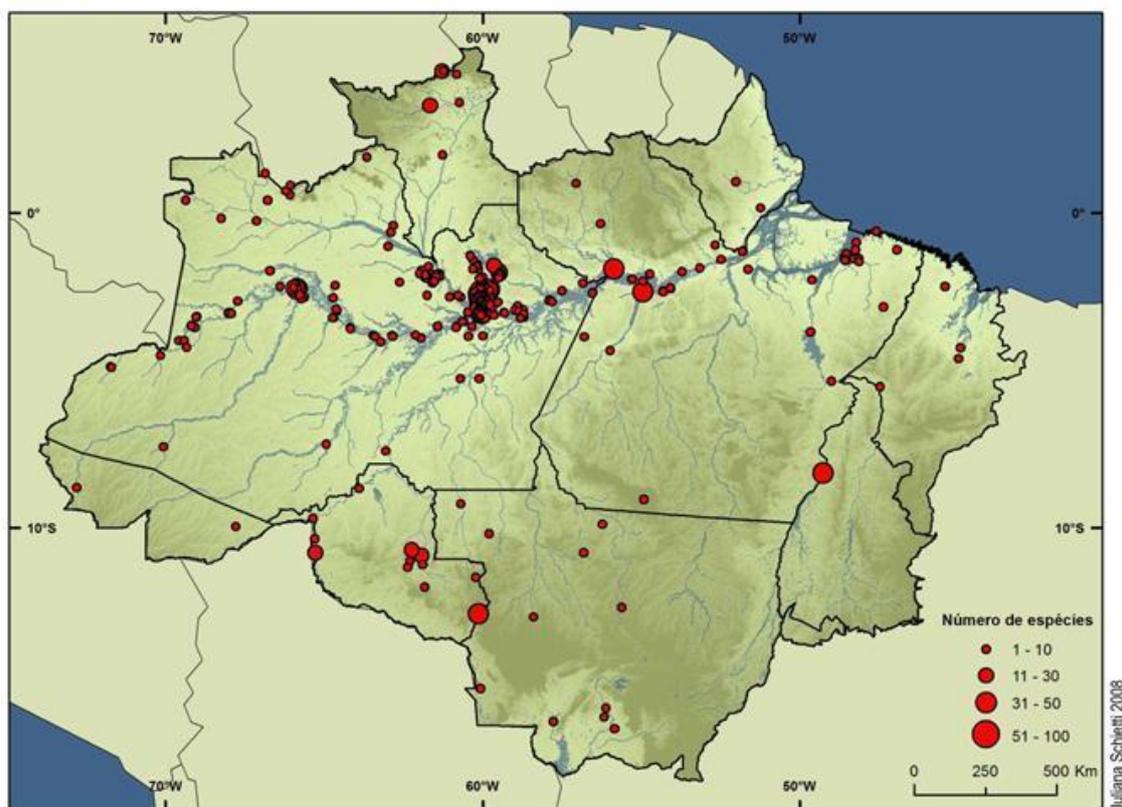
Nos trópicos, os invertebrados constituem aproximadamente 93% da biomassa animal (Fittkau & Klinge, 1973; Wilson, 1987) e vivem, em sua maioria, nas florestas (Hubbell & Foster, 1992). As formigas (Hymenoptera: Formicidae), juntamente com os cupins, correspondem a 1/3 desta biomassa (Wilson, 1987) e, portanto, são de presença evidente em grande parte dos ecossistemas terrestres (Longino *et al.*, 2002). As formigas são altamente abundantes, possuem dominante contribuição em diversidade de espécies (Rosenberg *et al.*, 1986; Andersen & Majer, 2004), ampla distribuição e são relativamente fáceis de coletar e de identificar (Holdobler & Wilson, 1990; Alonso & Agosti, 2000). A influência exercida nos solos por esses animais é muito grande (Lobry de Bruyn, 1999) e, muitas vezes, são usados como modelos para responder a diferentes questões ecológicas (Kaspari & Weiser, 2000). As muitas espécies de formigas que nidificam em folhas e/ou troncos caídos no chão das florestas constroem ninhos efêmeros, que são considerados sensíveis a modificações no hábitat (Byrne, 1994), sendo assim, um bom indicador dos impactos antrópicos.

Entre as formigas, as espécies associadas à serapilheira estão entre as mais diversas, apresentando não apenas maior riqueza, mas também diversidade morfológica e funcional elevadas (Wilson, 1987; Silva & Brandão, 2010). Em função da dominância ecológica e numérica, as formigas assumiram uma posição de importância em estudos de padrões de diversidade, os quais as apontam como fatores determinantes na composição

da fauna de invertebrados em geral e na estrutura da vegetação (Majer, 1983; Hölldobler & Wilson, 1990; Vasconcelos, 1999; Alonso, 2000; Feldmann *et al.*, 2000).

A região tropical abriga a maior diversidade de formigas do planeta (Verhaagh, 1991; Ryder *et al.*, 2010), e alguns estudos têm apontado uma grande concentração de espécies na amazônia brasileira (Kempf, 1970; Benson & Harada, 1988; Oliveira *et al.*, 2009). Os fatores ambientais que controlam a distribuição de espécies de formigas estão correlacionados com fatores climáticos, tipo de solo e composição da vegetação (Hölldobler & Wilson, 1990). Alguns destes fatores determinantes da distribuição das espécies de formigas são bem conhecidos na região amazônica para diversos grupos de formigas. Carvalho (1998), estudando as comunidades de formigas que nidificam em galhos caídos no chão da floresta, em remanescentes de mata primária ao norte de Manaus – AM verificou o aumento da densidade de formigas na borda da floresta. Fagundes (2003) obteve resultados significativos quanto ao padrão de distribuição de formigas da subfamília Ponerinae por meio de alguns fatores físicos da paisagem, como por exemplo, porcentagem de argila e quantidade de serapilheira presentes no solo.

Apesar das formigas responderem rapidamente às mudanças do ambiente, esse grupo não é amostrado de maneira uniforme na região amazônica e a maior parte do conhecimento está concentrado ao redor dos maiores centros urbanos. De acordo com os dados da Coleção de Invertebrados do INPA – AM, a maioria do conhecimento sobre a distribuição das espécies de formigas na Amazônia se concentra em áreas de fácil acesso. Tanto os locais mais bem estudados, quanto os menos estudados estão ao redor de cidades, das margens dos rios navegáveis, estradas ou em unidades de conservação (Figura 1).



**Figura 1.** Número de espécies de formigas, por local de coleta, depositado na Coleção de Invertebrados do INPA. O mapa não mostra espécimes morfotipados.

A coleção de formigas do INPA não abriga exemplares de todas as expedições de campo ocorridas na Amazônia, mas pode ser usada como um bom indicador do conhecimento sobre este grupo. Os pontos no mapa da Figura 1 representam aproximadamente 63.000 formigas depositadas na coleção de invertebrados do INPA. As áreas com maior diversidade de formigas na Amazônia brasileira são as mais próximas das grandes cidades, provavelmente porque são mais bem estudadas e não necessariamente porque são mais diversas (Baccaro *et al.*, 2008).

Apesar dos vários estudos locais na Amazônia, como na região de Manaus, Belém e na Serra dos Carajás, há poucos estudos sobre a caracterização regional da fauna de formigas, em especial nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, em construção no rio Madeira, município de Porto Velho, Estado de Rondônia. Em função da diversidade e, por consequência, da importância ecológica do grupo das formigas, as informações obtidas a partir do monitoramento deste grupo permitem o entendimento de como estão estruturadas as taxocenoses (conjunto de espécies taxonomicamente relacionadas de uma comunidade) e sua biodiversidade. Mais especificamente, fornecerão subsídios para avaliar a resposta

aos possíveis impactos provocados pelo empreendimento, principalmente pela inundação e consequente formação do lago. Desta forma, é possível traçar estratégias de gerenciamento e conservação da biodiversidade, de forma a mitigar as perdas ambientais. Desde forma, no presente relatório são consolidados os dados da primeira à décima terceira campanha de monitoramento de Formicidae - Subprograma de Monitoramento da Entomofauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Pontos Amostrais

Nas primeiras oito campanhas de monitoramento foram amostrados os transectos pertencentes a cada um dos seis módulos nas áreas de influência da UHE Santo Antônio Energia, no município de Porto Velho, Rondônia, a saber: i) Ilha do Búfalo, ii) Morrinhos, iii) Teotônio, iv) Jirau - ME, v) Jaci-Paraná - MD e vi) Ilha da Pedra (Tabela 1). A primeira campanha de campo para amostragens de formigas foi realizada entre os dias 21 de outubro e 02 de novembro de 2010, ainda no período de seca; a segunda campanha entre os dias 07 e 20 janeiro de 2011; a terceira campanha entre os dias 30 de março e 13 de abril de 2011, no período chuvoso; a quarta campanha entre os dias 07 e 27 de junho de 2011; a quinta campanha entre os dias 02 e 09 de setembro de 2011, no período de transição das estações seca e chuvosa; a sexta campanha entre os dias 17 de novembro e 03 de dezembro de 2011; a sétima campanha entre 28 de fevereiro e 12 de março de 2012 e a oitava campanha entre 30 de maio e 11 de junho de 2012. Cabe salientar que: i) não foram efetuadas amostragens no módulo de Morrinhos na terceira campanha em função das cheias. Já a partir da sexta campanha, conforme previsto, não foram feitas amostragens em função do alagamento provocado pelo enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio; ii) na quinta campanha, durante etapa de desmatamento não foi possível amostragem do módulo Teotônio; iii) da quinta campanha em diante o módulo Jirau - ME não foi amostrado, uma vez que o mesmo passou a ser de responsabilidade da empresa ESBR – Energia Sustentável do Brasil (empreendimento UHE Jirau).

A partir da nona campanha foram amostrados os seguintes transectos: i) Ilha do Búfalo, ii) Ilha da Pedra, iii) Teotônio, iv) Jaci-Paraná - MD e v) Novo Módulo Jaci Paraná (Tabela 1). A nona campanha foi realizada entre os dias 19 à 31 de janeiro de 2013 no período chuvoso; a décima campanha foi realizada entre os dias 18 e 28 de abril de 2013 no período chuvoso; a décima primeira campanha entre os dias 28 de junho e 5 de julho de 2013, no período de seca; a décima segunda campanha foi realizada entre os dias 20 e 26 de outubro de 2013, no período de seca; a décima terceira campanha entre os dias 17 e 27

de janeiro de 2014 durante o período chuvoso. Cabe destacar, para efeitos de indicadores de impactos, que as seis primeiras campanhas (outubro de 2010 a novembro de 2011) foram realizadas no período pré-enchimento, enquanto as campanhas sete a treze (março de 2012 a janeiro de 2014) foram realizadas após o enchimento o do reservatório da UHE Santo Antônio.

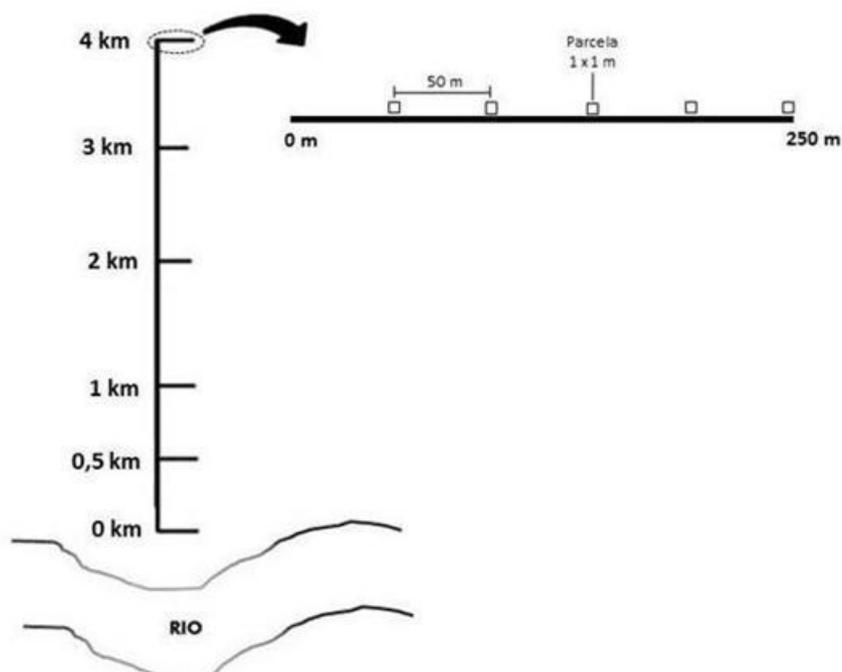
**Tabela 1.** Localização (coordenadas geográficas\*) dos pontos amostrais das coletas de formigas nas treze campanhas de campo (realizadas entre outubro de 2010 e janeiro de 2014), nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO (T= transecto). \*Coordenadas referentes ao início da parcela.

Módulo	Campanhas	T	Pontos (km)	Coordenadas Geográficas*	
				X	Y
Ilha do Búfalo	1 a 13	2	0	334967	8988015
			0,5	335307	8988404
			1	335582	8988753
			2	336332	8989521
			3	336964	8990336
			4	337699	8991071
Morrinhos	1, 2, 4 e 5	1	0	362138	9002688
			0,5	362267	9002200
			1	362372	9001745
			2	362610	9001664
			3	362810	8999736
			4	363064	8998750
Teotônio	1 a 4, 6 a 13	2	0	383193	9022531
			0,5	382824	9022865
			1	382471	9023187
			2	381719	9023885
			3	380983	9024570
			4	380212	9025190
Jirau – ME	1 a 4	2	0	310439	8968462
			0,5	310913	8968288
			1	313328	8968143

Módulo	Campanhas	T	Pontos (km)	Coordenadas Geográficas*	
				X	Y
			2	312344	8967755
			3	312244	8967412
			4	314135	8967083
Jaci-Paraná - MD	1 a 13	2	0	346904	8954694
			0,5	347396	8954804
			1	347940	8954868
			2	348933	8954964
			3	349875	8955078
			4	350943	8955206
Novo Módulo Jaci	9 a 13	3	0	348667	8960718
			0,5	348569	8960501
			1	347695	8960526
			2	346707	8960326
			3	345726	8960128
			4	344748	8959933
Ilha da Pedra	1 a 13	2	0	334967	8988015
			0,5	335307	8988404
			1	335582	8988753
			2	336332	8989521
			3	336964	8990336
			4	337699	8991071

O protocolo adotado para coletas de formigas de serapilheira foi o chamado ALL Protocol (*Ants of the Leaf Litter*), padronizado globalmente nos inventários sobre a fauna de formigas de serapilheira (Alonso & Agosti, 2000). Em cada módulo, foi utilizado um dos dois transectos de 5 km de extensão, no qual foram utilizadas as seis primeiras parcelas: 0 km, 0,5 km, 1,0 km, 2,0 km, 3,0 km e 4,0 km. No caso do Novo Módulo Jaci foi utilizado o T3, o único transecto de 5 km de extensão. Em seguida, em cada uma das parcelas foram estabelecidas cinco subparcelas (1 x 1 m) localizadas nas seguintes posições dentro da parcela: 50 m, 100 m, 150 m, 200 m e 250 m (Figura 2).

As amostras coletadas em cada uma das subparcelas (Figura 3) foram colocadas em extratores do tipo mini *Winkler* (Figura 4), e triadas após 24 h, completando a triagem (Figura 5). O material foi colocado em álcool 90%, identificado e analisado em sequência a cada uma das campanhas de coleta, utilizando microscópio estereoscópio.



**Figura 2** - Transecto de um módulo para coletas de formigas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO, com as distâncias de coletas a partir da margem do rio. Em detalhe os pontos de amostragens a partir do transecto principal.



**Figura 3** - Subparcelas (1 x 1 m) e material de serapilheira coletada nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO, sendo depositada em sacos para posterior extração nos mini *Winklers*.



**Figura 4** - Mini *Winklers* com as amostras dos transectos nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO, aonde as formigas vão sendo depositadas no fundo.



**Figura 5** - Bióloga em processo de triagem para a separação das formigas coletadas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

### 3.2. Análise dos Dados

Para a avaliação da eficiência amostral foram feitas curvas de rarefação de espécies, tanto para a soma dos dados de todos os módulos quanto para cada módulo separadamente. Para tal, foi utilizado o método de randomização com 1000 permutações. Assim, foram geradas 1.000 curvas de acumulação de espécies, aleatorizadas em função da ordem das amostras, sem repetição. Cada ponto da curva corresponde à média deste nas 1.000 curvas e está associado a um desvio-padrão.

Considerando que formigas são insetos sociais, a abundância observada não é o número de indivíduos, e sim, o número de colônias. Para tanto, considerando que as amostras são independentes, a abundância observada é o número de amostras em que determinada espécie esteve presente. Assim, a abundância máxima por amostra é de uma colônia por amostra e a abundância máxima por módulo é o número total de amostras coletadas (no caso, 30 por transecto).

Como estimadores de riqueza foram utilizados três índices comumente empregados em estudos sobre diversidade de formigas (*Chao I*, *Bootstrap* e *Jackknife I e II*) (Agosti *et al.*, 2000). Como indicadores de diversidade foram calculados os índices de *Simpson* e

*Shannon*. O índice de *Simpson* varia de 0 a 1, onde valores mais próximos de 1 indicam uma maior diversidade. Para o índice de *Shannon*, quanto maior for o valor registrado, maior será a diversidade da assembleia em estudo. Os índices de diversidade e estimadores de riqueza foram calculados para as dez campanhas. Adicionalmente foram construídas curvas de rarefação para as 13 campanhas compiladas, com a riqueza observada, usando o índice de *Mao tau* e riqueza estimada usando o índice *Jackknife I*.

Para testar se havia diferença entre as assembleias coletadas nos módulos e nas campanhas realizadas, composição qualitativa da comunidade de formigas foi reduzida a duas dimensões com a técnica de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), aplicada sobre uma matriz de associação calculada com o índice de Sørensen para dados qualitativos, que é bom para em detectar gradientes ecológicos subjacentes (Faith *et al.*, 1987) e testada à significância das diferenças nas composições das assembleias de formigas utilizando a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) não paramétrica (Anderson, 2001).

Para avaliar as relações de similaridade dos sítios amostrais foi utilizado o coeficiente de *Jaccard*, resultando em uma matriz de dissimilaridade. A partir da matriz, foi gerado um dendrograma para detectar os agrupamentos de similaridade de espécies. A distância entre os agrupamentos foi calculada utilizando a média das distâncias euclidianas.

Além do cálculo dos índices e as análises de similaridade, foram feitos diagramas da distribuição das espécies de formigas coletadas nas campanhas em função das distâncias das cotas de alagamento para formação do lago. Tais diagramas indicam quais espécies têm as distribuições mais restritas às áreas que foram alagadas e por isso são vulneráveis. Adicionalmente, foram estimadas as probabilidades de detecção dessas mesmas espécies. Para as estimativas de probabilidade de detecção foi utilizado o programa *Presence v. 4.0* (Hines, 2006).

Para verificar se as variáveis ambientais influenciam a distribuição das formigas na área do empreendimento, foi utilizado a análise de redundância (RDA). Esta análise é uma extensão da regressão múltipla multivariada, porém, é uma análise direta, onde os dados brutos de formigas são confrontados com as variáveis ambientais selecionadas. Neste relatório, as variáveis ambientais utilizadas na RDA foram: coordenadas geográficas dos módulos, inclinação do terreno, altitude do terreno, química do solo (P, K, Ca+Mg, Ca, Mg, N, Matéria orgânica), granulometria do solo (percentual de areia, silte e argila) e diâmetro na altura do peito médio das árvores (DAP).

Nas comparações entre os períodos antes e depois do enchimento do reservatório foram utilizadas as informações dos módulos em que existem campanhas realizadas nos dois períodos, são eles: Ilha do Búfalo, Ilha da Pedra, Jaci-Paraná – MD e Teotônio.

Em função da alta diversidade e a grande abundância de indivíduos coletados por amostra, muitos dos quais necessitam de limpeza de detritos aderidos ao tegumento, o processo de identificação, que muitas vezes exige a montagem a seco, para a composição de uma coleção de referência, com rotulagem, identificação e inclusão nas coleções depositárias, pode ser bastante prolongado. Assim, algumas das espécies coletadas ainda estão em processo de identificação ou confirmação taxonômica.

As análises foram realizadas no programa *R* (R Development Core Team, 2013) e no *EstimateS* (Colwell, 2013).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final de treze campanhas realizadas foram coletados 49.341 espécimes identificados em 58 gêneros e 349 espécies (Anexo Tabela A1). Os módulos com maior número de espécies coletadas nas treze campanhas foram e Jaci-Paraná - MD com (217), seguido de Ilha da Pedra (192); Ilha do Búfalo (191); Teotônio (186); Novo Módulo Jaci (169) e os de menor número foram Morrinhos (58) e Jirau - ME (34). Novo Módulo Jaci possui indícios de riqueza elevada, ao considerarmos que em cinco campanhas o número de espécies foi similar aos encontrados nos demais módulos com o dobro ou mais de campanhas, como Ilha do Búfalo ou Teotônio, por exemplo.

O módulo com maior número de indivíduos ao longo das treze campanhas foi Jaci-Paraná - MD (11.687), seguido de Ilha da Pedra (9.963), Ilha do Búfalo (9.464), Teotônio (7.205), Novo Módulo Jaci (6.763), Jirau – ME (2.420) e Morrinhos (1.839).

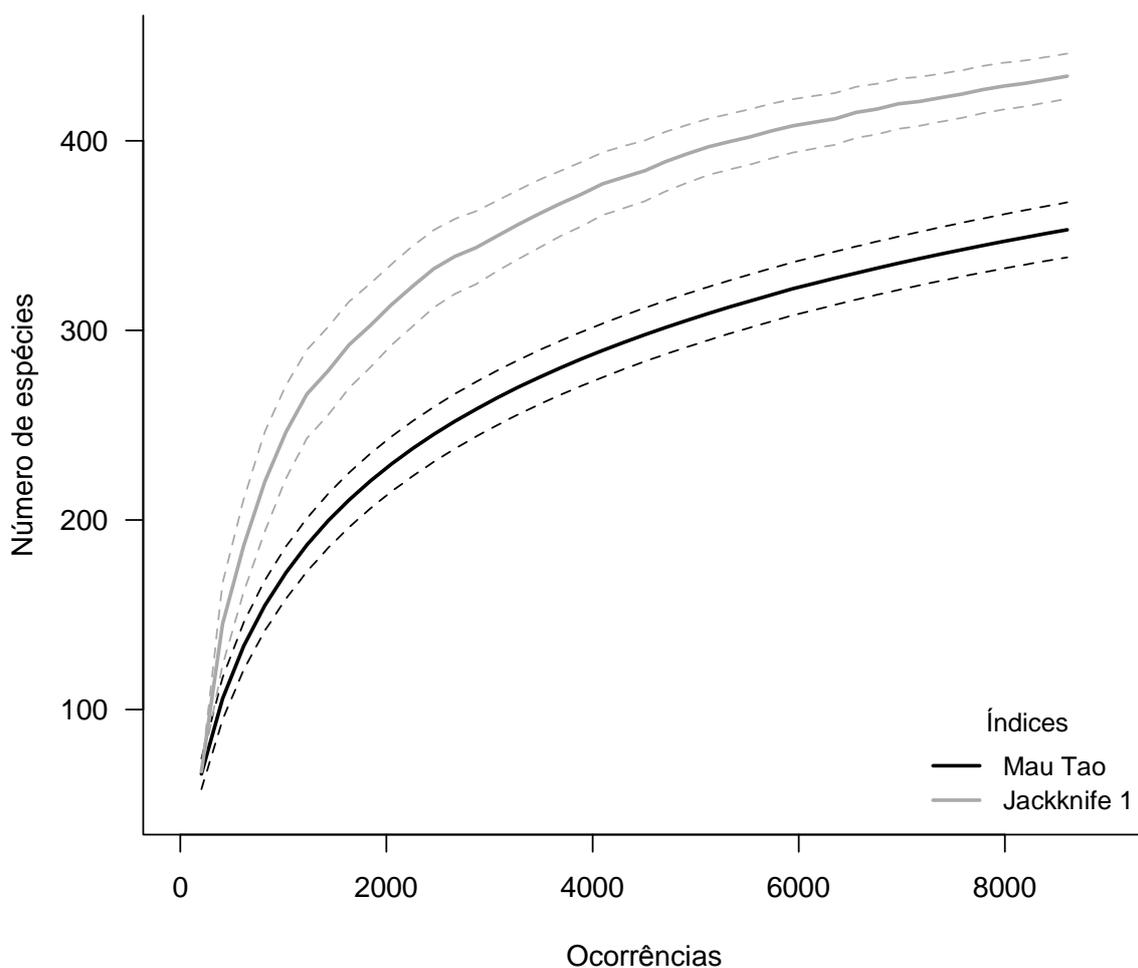
Ao considerarmos todas as 13 campanhas realizadas, cerca de 35% das espécies registradas (122) foram consideradas raras, por possuírem frequências relativas de apenas 2 (*doubletons*) ou 1 (*singletons*) indivíduos nas parcelas. Em relação à dominância das espécies, no somatório das campanhas, as espécies mais abundantes (com mais de 1000 indivíduos) foram *Crematogaster brasiliensis*, *Crematogaster tenuicula*, *Hypoponera* sp. 4, *Pheidole* sp. 2, *Pheidole* sp. 50, *Solenopsis* sp. 1, *Solenopsis* sp. 2, *Solenopsis* sp. 6 *Strumigenys denticulata* e *Wasmannia auropunctata* com 25.717 indivíduos. Juntas estas nove espécies representaram aproximadamente 52% dos indivíduos coletados.

Após 13 campanhas, as quatro espécies registradas com ampla distribuição temporal foram *Anochetus diegensis*, *Blepharidatta brasiliensis*, *Solenopsis* sp. 1 e

*Wasmannia auropunctata* sendo registradas em todas as 13 campanhas independente da época ou estação do ano. Dentre estas, *Wasmannia auropunctata* merece destaque por ter a sua frequência elevada a partir da quinta campanha em diante. Esta espécie é um exemplo de indicador ecológico usado em ambientes fragmentados sobre a comunidade de formigas (Ambrecht & Ulloa-Chacón, 2003; Breton *et al.*, 2003).

Depois de 13 campanhas, 9 espécies foram identificadas como frequentes em todos os módulos coletados, são elas: *Apterostigma* sp. 4, *Blepharidatta brasiliensis*, *Hypoponera* sp. 2, *Hypoponera* sp. 4, *Hypoponera* sp. 5, *Solenopsis* sp. 1, *Solenopsis* sp. 6, *Strumigenys denticulata* e *Strumigenys eleongata*. Destas 9 espécies, apenas *Hypoponera* sp. 4, *Strumigenys denticulata*, *Solenopsis* sp. 1 e *Solenopsis* sp. 6 também foram registradas como mais abundantes, sendo estas as espécies com ampla distribuição geográfica (todos os módulos), além de dominância numérica (mais de 1000 espécimes) na área de influência da SAE.

As curvas de rarefação construídas com a riqueza observada (*Mao Tau*) e estimada (*Jackknife 1*) com os dados de todas as 13 campanhas e seis módulos indicam uma tendência a estabilização devido ao grande esforço executado (Figura 6). Entretanto o estimador sugere que ainda falta 81 espécies em média para alcançar a riqueza estimada para área de influência da UHE Santo Antônio.



**Figura 6.** Análises de Rarefação da assembleia de formigas com riqueza observada (*Mao Tau*) e estimativa da riqueza (*Jackknife 1*), considerando-se o somatório das treze campanhas (outubro de 2010 à janeiro de 2014), para o todos dos módulos nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Ao analisar a riqueza e a abundância das formigas por campanha, verifica-se que a décima segunda campanha foi a que obteve maior valor de riqueza, seguida da décima primeira e décima terceira campanhas. A campanha com maior abundância foi a décima terceira, seguida da primeira campanha. A campanha com menor valor de riqueza e abundância foi a segunda campanha. (Tabela 2). Vale salientar que a grande maioria dos estudos é conduzida em épocas menos chuvosas, já que a chuva reduz a eficiência do mini *Winkler* (Bestelmeyer *et al.*, 2000).

**Tabela 2.** Número de espécies (Riq.) e abundância (N) de formigas coletadas da primeira à décima terceira campanha do monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO. \*Módulo não coletado na referida campanha.

Campanhas	Ilha Búfalos		Ilhas Pedras		Jací-Paraná		Teotônio		Jirau-ME		Morrinhos		Novo Módulo Jaci		Total	
	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N	Riq.	N
1	23	1218	30	1733	17	1080	27	957	28	1410	8	680	*	*	53	7078
2	1	16	14	264	18	257	15	174	7	49	6	41	*	*	30	801
3	17	314	22	529	15	291	19	349	18	445	*	*	*	*	35	1928
4	26	467	27	689	16	207	25	402	24	516	22	232	*	*	38	2513
5	62	1031	70	944	58	1359	*	*	*	*	34	884	*	*	115	4220
6	65	1036	57	1272	74	1794	68	846	*	*	*	*	*	*	134	4948
7	26	271	41	467	38	840	41	236	*	*	*	*	*	*	85	1814
8	35	624	42	432	42	761	52	812	*	*	*	*	*	*	90	2629
9	43	353	50	466	65	675	50	238	*	*	*	*	75	1328	137	3060
10	45	569	34	299	49	720	56	623	*	*	*	*	61	786	116	2997
11	48	1012	51	389	80	822	57	747	*	*	*	*	73	790	152	3760
12	51	808	61	1014	79	1295	68	869	*	*	*	*	89	946	166	4932
13	76	1745	53	1465	70	1586	60	952	*	*	*	*	64	2913	142	8661
<b>Total</b>	<b>191</b>	<b>9464</b>	<b>192</b>	<b>9963</b>	<b>217</b>	<b>11687</b>	<b>186</b>	<b>7205</b>	<b>34</b>	<b>2420</b>	<b>58</b>	<b>1839</b>	<b>169</b>	<b>6763</b>	<b>349</b>	<b>49341</b>

Os valores dos índices de diversidade (*Shannon* e *Simpson*) foram semelhantes para todos os módulos nas treze campanhas. Houve uma tendência ao aumento nos valores dos índices de diversidade ao longo das campanhas. O módulo de Morrinhos registrou os menores índices de diversidade durante a primeira e segunda campanhas (Tabela 3).

Ao compararmos os períodos de pré e pós enchimento do reservatório, verificamos de maneira geral que os módulos registraram menores valores nos índices no período que antecede o enchimento do reservatório. Nas campanhas durante o pré-enchimento, o módulo da Ilha da Pedra registrou os maiores valores do índice de *Shannon* e *Simpson* em três campanhas, seguido de Jaci-Paraná – MD com registro maiores de valores nos índices de diversidade em duas campanhas. Nas campanhas do pós-enchimento o módulo que registrou os maiores valores nos índices de *Shannon* e *Simpson* foi Teotônio, entretanto, a partir da décima primeira campanha os módulos da Ilha da Pedra, Jaci-Paraná – MD e Novo módulo Jaci também alcançaram valores elevados nos índices de *Shannon* e *Simpson* (Tabela 3).

O número total máximo de espécies/morfoespécies encontrado por campanha foi de 166 na décima segunda campanha (Tabela 3). Este valor está abaixo do número de espécies encontradas por alguns estudos em ambientes amazônicos, que fica em torno de 250-310 espécies/morfoespécies (Oliveira *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2012), região conhecida por abrigar a maior diversidade de formigas do planeta (Verhaagh, 1991; Ryder *et al.*, 2010). Entretanto, ao considerarmos os períodos de pré e pós enchimento do reservatório os valores encontrados são 154 e 318 espécies respectivamente (Tabela 3) e nas treze campanhas em conjunto, o número de espécies registradas para a área sobe para 349 (Anexo, Tabela AI), valor mais adequado às estimativas para a região, indicando que as áreas de influência da UHE Santo Antônio são locais diversos em relação a fauna de formigas.

**Tabela 3.** Riqueza, estimadores de riqueza (*Chao I*, *Jackknife I e II* e *Bootstrap*), índices de diversidade (*Simpson*, *Shannon*) para cada módulo de amostragem nas treze campanhas realizadas individualmente e agrupadas em pré-enchimento e pós-enchimento do reservatório, realizadas nas áreas de influência da UHE de Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Campanhas	Módulos	Riqueza	<i>Jackknife I</i>	<i>Jackknife II</i>	<i>Bootstrap</i>	<i>Chao I</i>	<i>Shannon</i>	<i>Simpson</i>
1	Ilha do Búfalo	23	30,20	33,34	26,38	7,09	2,28	0,83
	Ilha da Pedra	30	39,60	45,00	34,30	14,37	2,54	0,86
	Jaci-Paraná - MD	17	22,60	24,1	19,76	4,04	1,87	0,76
	Jirau - ME	28	38,38	43,95	32,72	12,72	2,25	0,82
	Morrinhos	8	9,60	10,35	8,74	3,74	1,18	0,56
	Teotônio	27	35,80	37,9	31,42	4,79	2,48	0,88
	Total	53	70,48	80,23	60,87	80,55	2,64	0,87
2	Ilha do Búfalo	1	1,00	-	1,00	1,00	0,00	0,00
	Ilha da Pedra	14	22,00	27,10	17,45	39,00	2,08	0,84
	Jaci-Paraná - MD	18	26,00	29,28	21,75	26,32	2,53	0,90
	Jirau - ME	7	11,50	14,16	8,96	25,00	1,64	0,77
	Morrinhos	6	9,75	11,91	7,64	18,50	1,37	0,68
	Teotônio	15	22,20	25,35	18,33	23,10	2,00	0,83
	Total	30	40,83	45,22	35,13	40,55	2,81	0,92
3	Ilha do Búfalo	17	26,00	31,00	20,99	41,00	2,44	0,89
	Ilha da Pedra	22	29,20	30,10	25,75	26,05	2,72	0,91

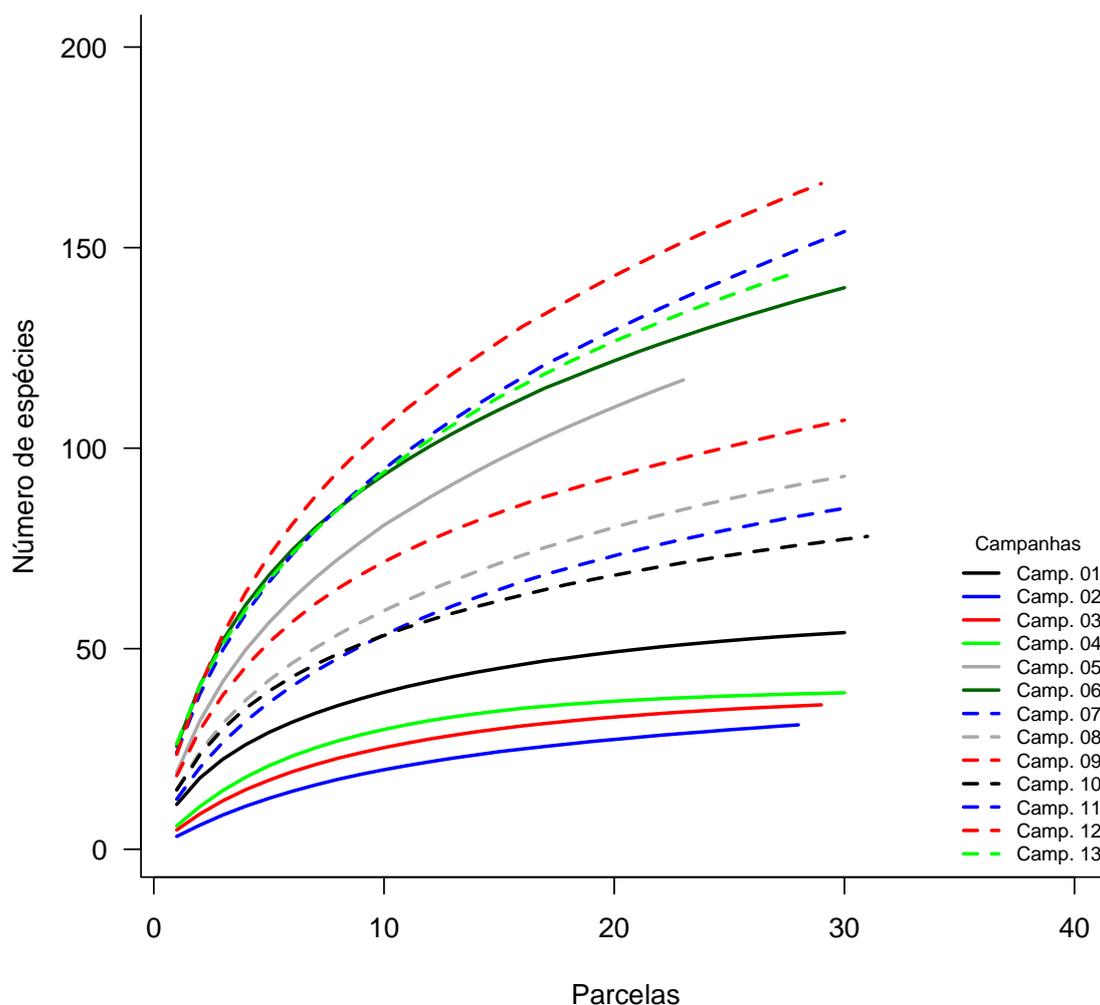
Campanhas	Módulos	Riqueza	<i>Jackknife I</i>	<i>Jackknife II</i>	<i>Bootstrap</i>	<i>Chao I</i>	<i>Shannon</i>	<i>Simpson</i>
	Jaci-Paraná - MD	15	21,40	23,05	18,16	19,57	2,56	0,91
	Jirau - ME	18	26,80	31,59	21,91	33,12	2,39	0,88
	Teotônio	19	29,40	35,85	23,52	47,16	2,63	0,91
	Total	35	45,4	50,48	39,75	49,08	3,07	0,94
	Ilha do Búfalo	26	41,20	49,45	32,77	51,78	2,72	0,90
	Ilha da Pedra	27	39,00	43,95	32,64	39,50	2,94	0,93
	Jaci-Paraná - MD	16	23,20	25,90	19,42	22,75	2,48	0,89
4	Jirau - ME	24	36,00	41,85	29,46	40,07	2,86	0,93
	Morrinhos	22	37,00	46,33	28,45	122,00	2,82	0,92
	Teotônio	25	38,60	46,10	31,05	49,08	2,70	0,89
	Total	38	41,33	42,93	39,7	42,00	3,24	0,94
	Ilha do Búfalo	62	78,80	82,85	70,46	73,60	3,04	0,92
	Ilha da Pedra	70	99,60	115,04	83,37	115,61	2,90	0,90
5	Jaci-Paraná - MD	58	78,00	86,25	67,40	78,83	3,07	0,93
	Morrinhos	34	42,80	44,43	38,48	39,50	2,20	0,80
	Total	115	159,47	182,63	134,83	220,19	3,32	0,94
	Ilha do Búfalo	65	85,07	92,35	74,59	83,39	2,82	0,88
6	Ilha da Pedra	57	73,00	76,00	65,13	66,91	3,07	0,92

Campanhas	Módulos	Riqueza	<i>Jackknife I</i>	<i>Jackknife II</i>	<i>Bootstrap</i>	<i>Chao I</i>	<i>Shannon</i>	<i>Simpson</i>
	Jaci-Paraná - MD	74	102,00	117,15	86,56	121,11	3,23	0,94
	Teotônio	68	90,40	100,90	78,41	96,00	3,44	0,95
	Total	134	178,21	195,39	155,06	181,04	3,57	0,94
	Ilha do Búfalo	26	30,80	31,70	28,48	29,00	2,54	0,86
	Ilha da Pedra	41	57,80	67,70	48,41	77,75	2,65	0,88
7	Jaci-Paraná - MD	38	52,40	60,05	44,51	61,14	2,57	0,88
	Teotônio	41	57,80	65,9	48,74	63,05	2,95	0,91
	Total	85	122,5	141,5	101,97	154,44	3,08	0,91
	Ilha do Búfalo	35	47,80	55,15	40,71	60,60	2,54	0,88
	Ilha da Pedra	42	60,40	68,80	50,50	64,04	2,60	0,87
8	Jaci-Paraná - MD	42	52,40	55,7	47,13	50,45	2,59	0,89
	Teotônio	52	72,00	82,95	60,93	86,72	3,08	0,93
	Total	90	128,21	149,70	106,89	198,37	3,25	0,93
	Ilha do Búfalo	43	67,82	82,68	52,86	148,14	2,78	0,91
	Ilha da Pedra	50	73,00	79,60	59,84	76,04	2,96	0,92
9	Jaci-Paraná - MD	65	91,50	105,35	78,39	106,88	3,13	0,93
	Novo Módulo Jaci	75	102,46	116,3	87,34	116,28	2,97	0,94
	Teotônio	50	69,66	77,30	59,02	74,57	2,97	0,92

Campanhas	Módulos	Riqueza	<i>Jackknife I</i>	<i>Jackknife II</i>	<i>Bootstrap</i>	<i>Chao I</i>	<i>Shannon</i>	<i>Simpson</i>
	Total	137	189,80	215,43	161,23	207,25	3,53	0,95
10	Ilha do Búfalo	45	65,82	78,29	54,13	93,31	2,67	0,87
	Ilha da Pedra	34	47,60	54,22	40,21	52,08	2,90	0,93
	Jaci-Paraná - MD	49	65,08	71,60	56,58	65,67	2,89	0,89
	Novo Módulo Jaci	61	86,21	99,00	72,47	101,08	2,86	0,89
	Teotônio	56	75,23	83,77	64,97	78,15	3,14	0,93
	Total	116	167,34	187,06	137,68	184,67	3,47	0,95
11	Ilha do Búfalo	48	64	70,60	55,58	64,67	2,83	0,90
	Ilha da Pedra	51	75	88,95	61,58	101	2,99	0,92
	Jaci-Paraná - MD	80	106,4	114,5	92,92	100,94	3,42	0,94
	Novo Módulo Jaci	73	105,8	124,1	87,60	133,04	3,16	0,92
	Teotônio	57	81	95,4	67,54	113,25	2,99	0,92
	Total	152	212	242,14	179,36	237,23	3,62	0,95
12	Ilha do Búfalo	51	68,6	75,05	59,42	67,13	2,86	0,91
	Ilha da Pedra	61	82,6	94,3	70,72	97,45	3,02	0,91
	Jaci-Paraná - MD	79	107,8	121,3	92,29	115	3,11	0,91
	Novo Módulo Jaci	89	117	126,75	102,58	113,5	3,53	0,94
	Teotônio	68	100,8	121,35	82,23	161,38	2,86	0,90

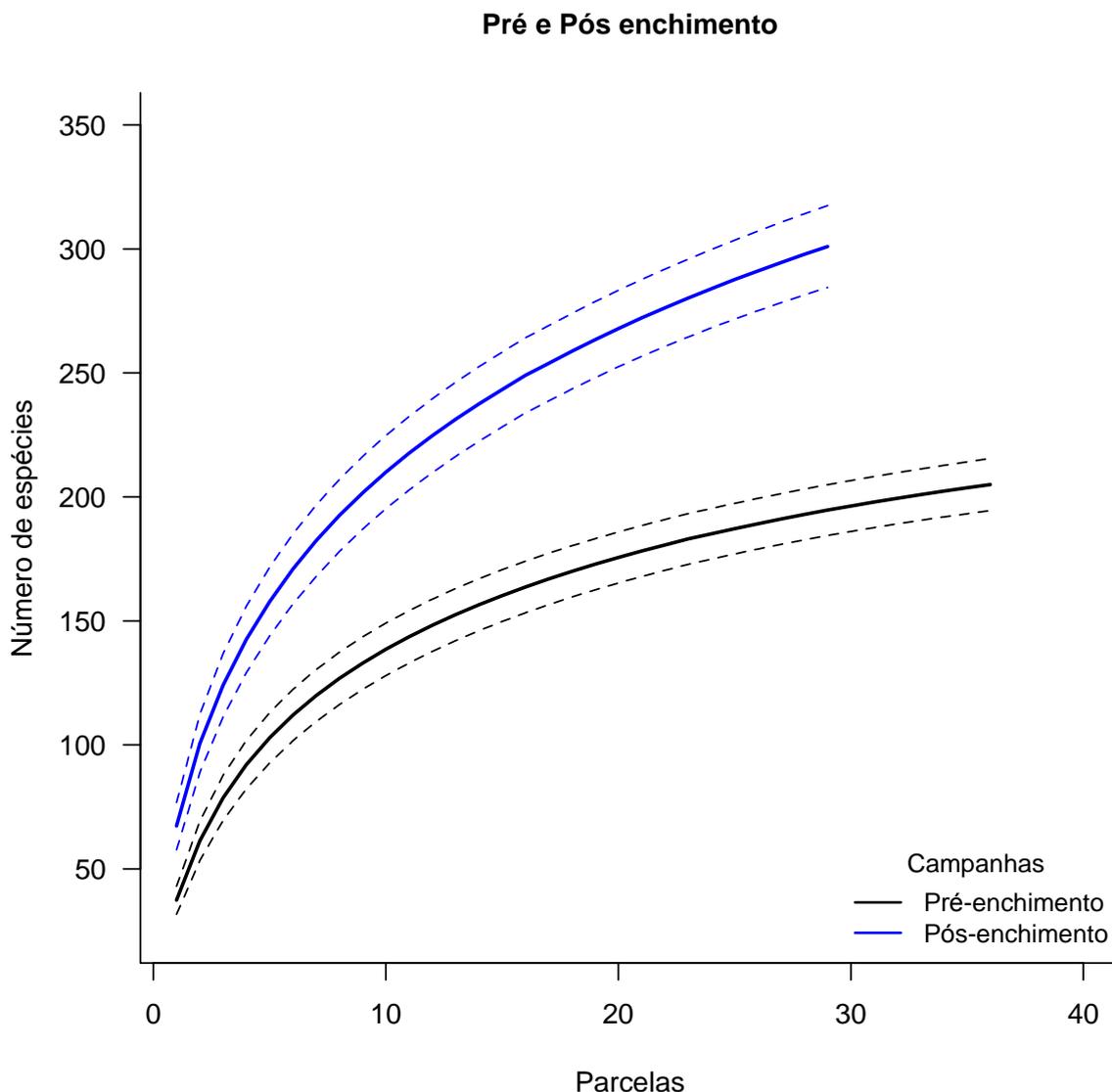
Campanhas	Módulos	Riqueza	<i>Jackknife I</i>	<i>Jackknife II</i>	<i>Bootstrap</i>	<i>Chao I</i>	<i>Shannon</i>	<i>Simpson</i>
13	Total	166	230	259	195,45	245	3,68	0,94
	Ilha do Búfalo	76	106,4	123,8	89,44	136,17	3,17	0,92
	Ilha da Pedra	53	68,2	77,35	59,74	89,1	3,06	0,92
	Jaci-Paraná - MD	70	98,2	112,75	83,24	115,46	2,97	0,91
	Novo Módulo Jaci	64	80,2	84,85	72,54	77,03	3,12	0,93
	Teotônio	60	81,6	91,5	70,0	86,04	3,25	0,94
	Total	142	200	230,75	169,03	242	3,44	0,94
Pré-enchimento	Ilha do Búfalo	116	150,15	163,00	132,45	147,13	4,24	0,98
	Ilha da Pedra	123	164,67	185,67	141,84	182,52	4,26	0,98
	Jaci-Paraná - MD	122	157,81	168,89	139,48	150,02	4,24	0,98
	Teotônio	98	134,67	152,41	114,89	144,10	4,18	0,97
	Total	205	252,00	268,67	225,91	244,43	4,54	0,98
Pós-enchimento	Ilha do Búfalo	136	195,17	237,12	160,92	338,05	3,93	0,97
	Ilha da Pedra	129	169,00	183,07	147,91	167,40	3,92	0,97
	Jaci-Paraná - MD	181	237,01	271,31	209,57	252,09	4,18	0,98
	Teotônio	157	216,16	243,90	183,91	231,38	4,19	0,98
	Total	299	347,70	377,00	306,99	355,84	4,27	0,98

As curvas de acúmulo de espécies não mostram qualquer tendência à estabilização em nenhuma das campanhas, entretanto, existe uma diferença na eficiência ao momento que comparamos as campanhas (Figura 7). Esta tendência é bastante comum em invertebrados de forma geral, porém, é mais evidenciada em grupos considerados megadiversos como Hymenoptera, Ordem em que Formicidae está inserida. Esta ascendência nas curvas indica que a cada amostra coletada, muitas espécies ainda não registradas poderão aparecer na região onde o estudo foi conduzido, inclusive espécies novas para a ciência (Gotelli & Colwell, 2001; Gotelli *et al.*, 2011). Este fato fica evidente após treze campanhas, onde o maior número de espécies registrados em uma campanha foi 166, porém, ao somar a riqueza das treze campanhas, esta alcança a marca de 349 espécies e a cada campanha realizada, novas espécies foram adicionadas a lista das encontradas na área de influencia da UHE Santo Antônio.



**Figura 7** - Curva de acumulação de espécies de formigas por amostras nos módulos em treze campanhas de monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO. Linhas contínuas fazem referência a campanhas realizadas antes do enchimento do reservatório e as linhas tracejadas às campanhas do pós-enchimento.

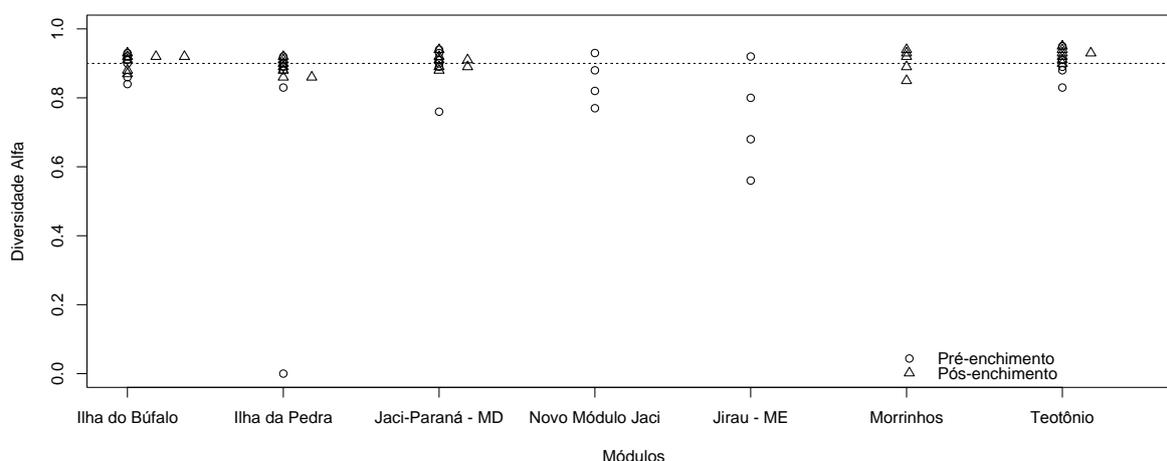
Quando compilamos as campanhas de pré e pós-enchimento do reservatório, também não encontramos tendência da curva atingir a assíntota. Embora, com um número maior de parcelas, a curva referente as campanhas de pré-enchimento registraram um valor menor de espécies quando comparado as campanhas de pós-enchimento (Figura 8).



**Figura 8** - Curva de acumulação de espécies de formigas por amostras nas treze campanhas de monitoramento de fauna referentes ao período de pré e pós enchimento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

A diversidade alfa (dentro dos módulos) nas treze campanhas se manteve elevada, com todos os módulos com valores médios em torno de 0,9. Os módulos de Jirau – ME e Morrinhos foram amostrados em quatro campanhas apenas e são os que possuem maior variância nos valores de diversidade. O Novo Módulo Jaci, foi amostrado somente nas

últimas cinco campanhas, e possui uma variância pequena nos dados, mostrando uma constância na sua diversidade (Figura 9). Há muita sobreposição entre os valores da diversidade alfa quando comparamos os eventos de pré-enchimento e pós-enchimento, indicando que a diversidade está relativamente estável na área. Estes valores são indicativos de que a área de influência da UHE Santo Antônio é uma área com diversidade elevada, assim como, outras áreas já estudadas na região Amazônica (Baccaro *et al.*, 2012; Fagundes, 2003; Miranda *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2009; Ryder *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2012).

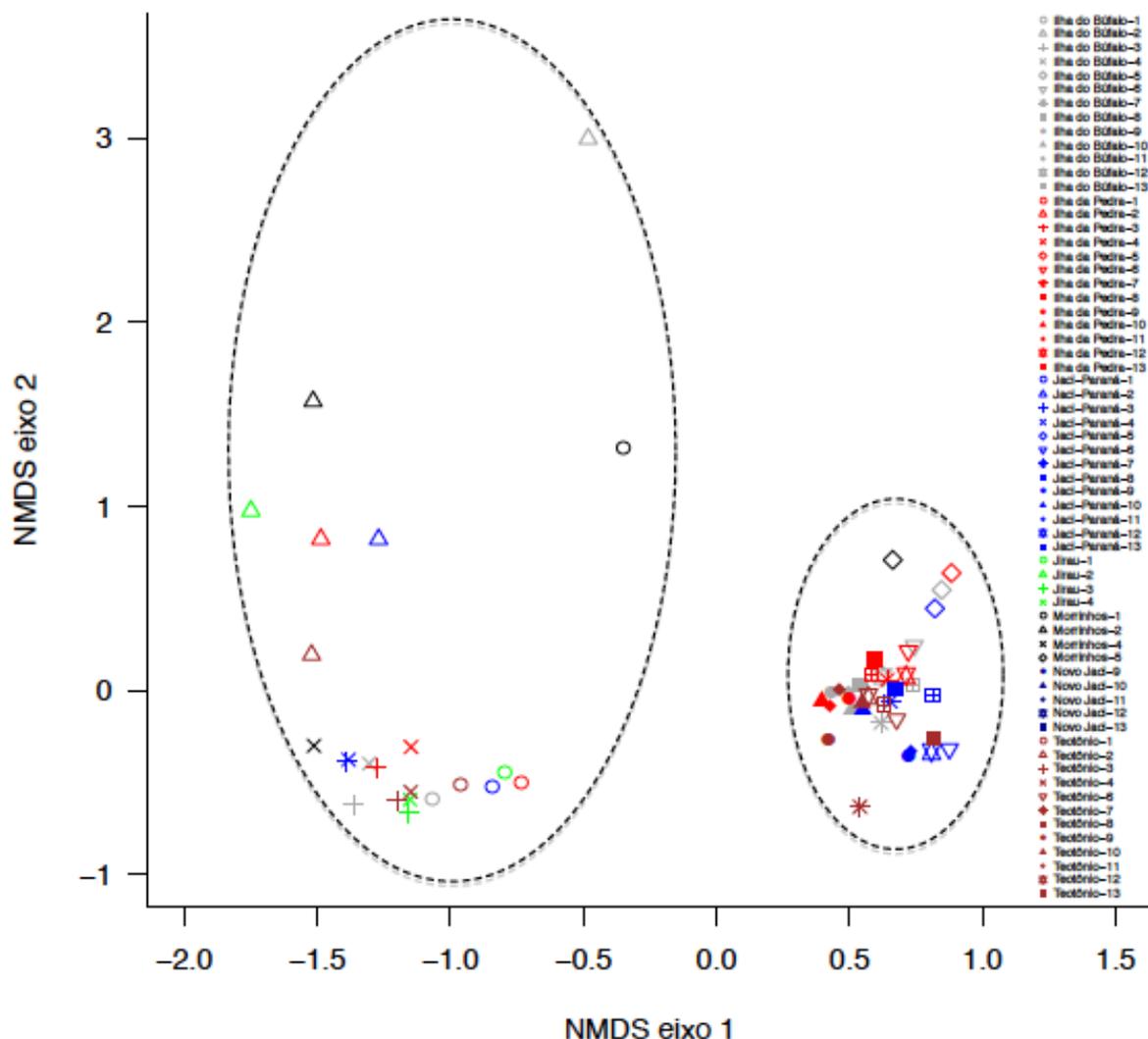


**Figura 9** – Diversidade alfa (*Simpson*) das assembleias de formigas nos sete módulos, nas treze campanhas, com os módulos analisados juntos, durante o monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A linha pontilhada indica o valor de diversidade 0,9.

O resultado da MANOVA não paramétrica indica que a composição das assembleias de formigas coletadas ao longo das treze campanhas, nos sete módulos, varia de acordo com a equipe responsável pela coleta ( $F_{2, 62} = 43,61$ ;  $R^2 = 0,324$ ;  $p \leq 0,001$ ), varia em relação as campanhas ( $F_{13, 51} = 2,76$ ;  $R^2 = 0,184$ ;  $p \leq 0,001$ ), em relação aos módulos ( $F_{7, 58} = 2,10$ ;  $R^2 = 0,093$ ;  $p \leq 0,001$ ), em relação ao enchimento ao período de enchimento do reservatório ( $F_{2, 62} = 2,65$ ;  $R^2 = 0,047$ ;  $p \leq 0,001$ ), e em relação ao regime pluviométrico ( $F_{2, 62} = 2,37$ ;  $R^2 = 0,018$ ;  $p \leq 0,001$ ).

Isto quer dizer que existe uma diferença na composição das assembleias de formigas coletadas nas quatro primeiras campanhas e nas outras nove campanhas subsequentes. Os valores indicam uma grande mudança na composição das espécies a partir da quinta campanha (mudança de equipe), visto que os valores encontrados nas quatro primeiras campanhas estão muito abaixo dos valores encontrados em trabalhos realizados na região amazônica, divergindo de todos os valores encontrados nas campanhas subsequentes. Além disso, a cada nova campanha (representada por símbolos distintos), uma nova

assembleia foi amostrada e está possuía composição e distribuição dos táxons distinta da campanha anterior, fato evidenciado na figura 10, onde há dois agrupamentos distintos. O primeiro no lado esquerdo, agrupando os módulos pertencentes as campanhas 1, 2, 3 e 4. Este agrupamentos concentra módulos pertencentes a maioria das campanhas anteriores ao enchimento do reservatório. O segundo agrupamento está localizado do lado direito do gráfico, com os módulos das campanhas 5 à 13. Este último agrupamento contempla duas campanhas anteriores ao enchimento do reservatório e todas as campanhas realizadas depois do enchimento do reservatório (Figura 10). As outras variáveis testadas explicam pouco da variância da distribuição dos dados (menos de 10%), por isso não observamos nenhum outro agrupamento evidente.



**Figura 10.** Gráfico de ordenação NMDS indicando a congruência nas associações entre assembleias de espécies de formigas, entre sete módulos e treze campanhas do monitoramento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

A similaridade (diversidade beta) elevada entre a maioria das localidades está presente desde a primeira campanha, se mantendo até a décima terceira campanha (Tabela 4). Na primeira campanha, a menor similaridade na composição de espécies de formigas foi detectada no agrupamento de Ilha da Pedra e Jirau – ME. A maior similaridade, acima de 90% foi detectada no agrupamento com os módulos Morrinhos, Ilha do Búfalo, Ilha da Pedra e Jaci-Paraná – MD. Na segunda campanha, a menor similaridade foi registrada no grupo entre os módulos Ilha da Pedra e Jaci-Paraná – MD. A maior similaridade nesta campanha ficou por conta do agrupamento Ilha do Búfalo, Morrinhos e Jirau – ME (Figura 11).

Na terceira campanha, a menor similaridade foi registrada entre os módulos Ilha do Búfalo e Jirau – ME, já a maior similaridade entre os grupos Jaci-Paraná – MD, Ilha da Pedra e Teotônio. Na quarta campanha, os módulos com menor similaridade foram Ilha do Búfalo e Ilha da Pedra e os módulos onde se registrou maior similaridade foram Jaci-Paraná – MD, Morrinhos e Teotônio (Figura 12).

Na quinta campanha, Ilha do Búfalo e Ilha da Pedra foram os módulos com a menor similaridade na composição da assembleia de formigas, sendo os módulos de Morrinhos e Jaci-Paraná - MD os módulos mais similares na composição de espécies. Na sexta campanha, foi possível verificar dois agrupamentos distintos, um com Ilha do Búfalo e Ilha da Pedra e outro com Jaci-Paraná – MD e Teotônio (Figura 13). Na sétima campanha, os módulos Ilha do Búfalo e Jaci-Paraná – MD foram os com menor similaridade na composição das formigas e os módulos Teotônio e Ilha da Pedra, aqueles com as composições mais similares. Na oitava campanha, de maneira similar a campanha anterior, a menor similaridade na composição das formigas foi registrada nos módulos Ilha do Búfalo e Jaci-Paraná – MD e a maior foi entre Teotônio e Ilha da Pedra (Figura 14).

Na nona campanha os módulos com menor similaridade na composição das espécies de formigas foram Jaci-Paraná – MD e Novo Módulo Jaci, e a maior similaridade foi registrada entre os módulos Teotônio, Ilha do Búfalo e Ilha da Pedra. Na décima campanha, a menor similaridade na composição foi entre Teotônio e Novo Módulo Jaci, assim como a maior ficou entre os módulos Ilha do Búfalo, Ilha da Pedra e Jaci-Paraná – MD (Figura 15).

Na décima primeira campanha os módulos menos similares foram Jaci-Paraná – MD e Novo Módulo Jaci, e a maior similaridade foi computada entre Novo Módulo Jaci e Ilha do Búfalo. Na décima segunda campanha, a menor similaridade foi detectada entre Ilha da Pedra e Teotônio e a maior similaridade entre Jaci-Paraná – MD e Ilha do Búfalo (Figura 16).

Na décima terceira campanha, a menor similaridade foi registrada entre os módulos de Ilha do Búfalo e Novo Módulo Jaci, e a maior similaridade entre os módulos de Teotônio e Novo Módulo Jaci (Figura 17).

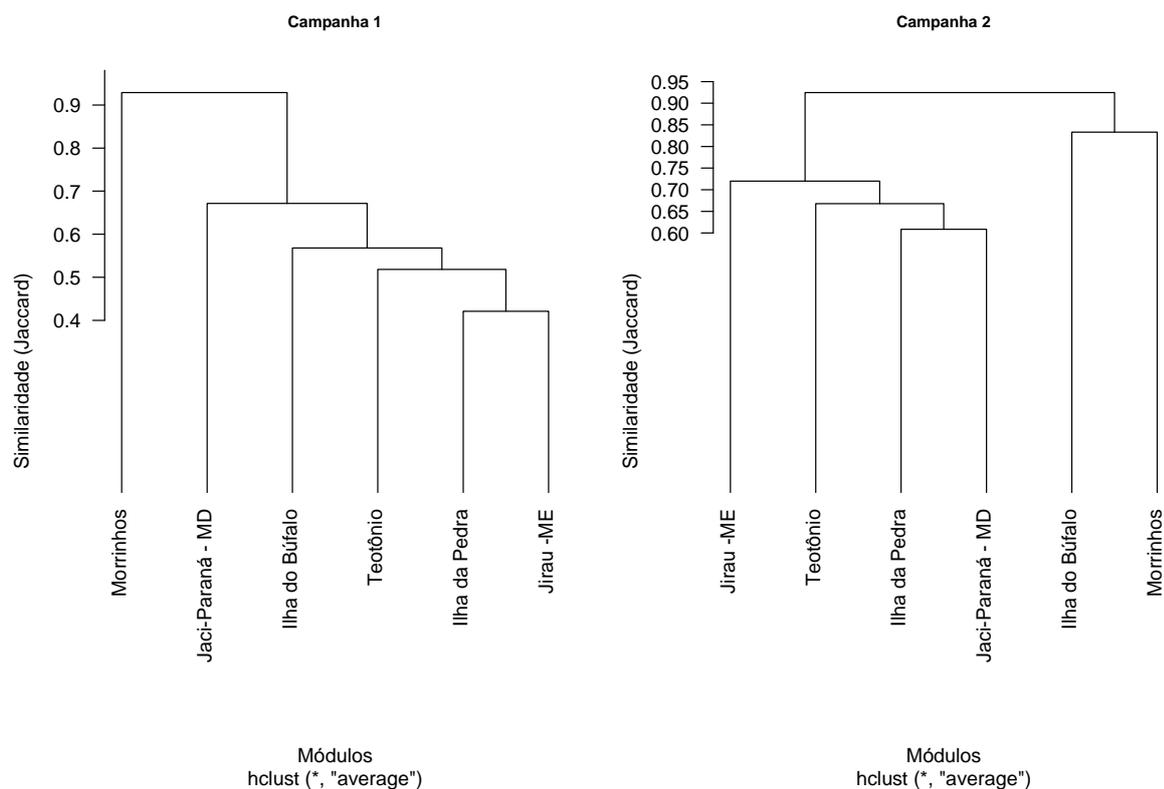
De maneira geral não há um padrão de similaridade que se mantém entre as treze campanhas. A cada nova campanha realizada, a localização dos módulos dentro dos agrupamentos (Figuras 11 à 17) varia bastante. Isto indica que a dinâmica dentro da assembleia de formigas é elevada e sensível aos fatores ambientais que a estruturam. Os resultados obtidos com a MANOVA na análise anterior são corroborados aqui, com essa variação de similaridade entre módulos a cada campanha.

**Tabela 4.** Matriz de similaridade (*Jaccard*) entre os sete módulos em cada uma das dez campanhas do monitoramento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

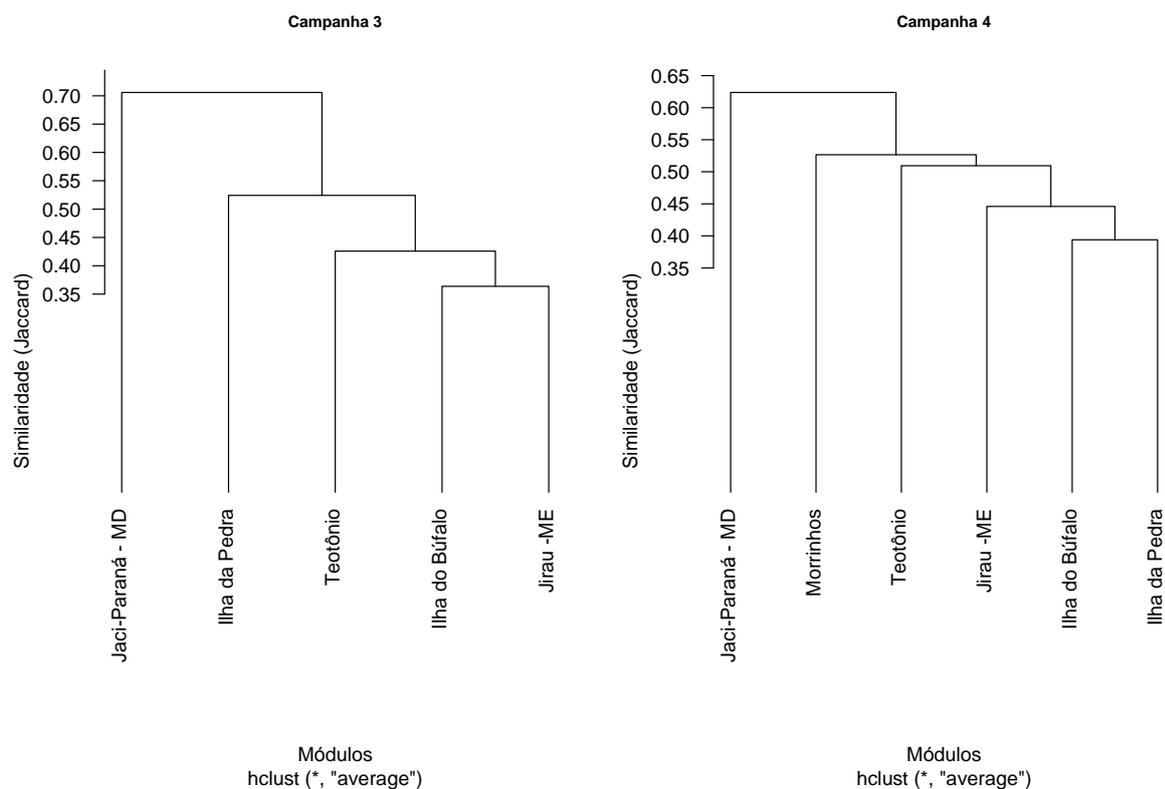
Campanhas	Módulos	Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	Teotônio
1	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,579	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,667	0,667	1,000			
	Jirau - ME	0,514	0,421	0,686	1,000		
	Morrinhos	0,967	0,946	0,913	0,912	1,000	
	Teotônio	0,611	0,550	0,667	0,486	0,906	1,000
		Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	Teotônio
2	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	1,000	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,944	0,609	1,000			
	Jirau - ME	1,000	0,688	0,750	1,000		
	Morrinhos	0,833	0,824	0,857	0,818	1,000	
	Teotônio	1,000	0,696	0,640	0,722	0,952	1,000
		Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	
3	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,556	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,667	0,679	1,000			
	Jirau - ME	0,364	0,481	0,786	1,000		
	Teotônio	0,435	0,536	0,692	0,417	1,000	
		Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	
4	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,394	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,600	0,656	1,000			
	Jirau - ME	0,438	0,455	0,788	1,000		

Campanhas	Módulos	Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	Teotônio
	Morrinhos	0,500	0,469	0,538	0,606	1,000	
	Teotônio	0,543	0,471	0,536	0,515	0,531	1,000
		Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Morrinhos		
5	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,586	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,614	0,633	1,000			
	Morrinhos	0,990	0,991	0,979	1,000		
		Ilha dos Búfalos	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Teotônio		
6	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,622	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,736	0,709	1,000			
	Teotônio	0,696	0,663	0,580	1,000		
		Ilha dos Búfalos	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Teotônio		
7	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,660	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,638	0,683	1,000			
	Teotônio	0,825	0,738	0,746	1,000		
		Ilha dos Búfalos	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Teotônio		
8	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,607	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,547	0,607	1,000			
	Teotônio	0,721	0,716	0,638	1,000		
		Ilha dos Búfalos	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Teotônio	Jaci Novo	
9	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,627	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,725	0,638	1,000			

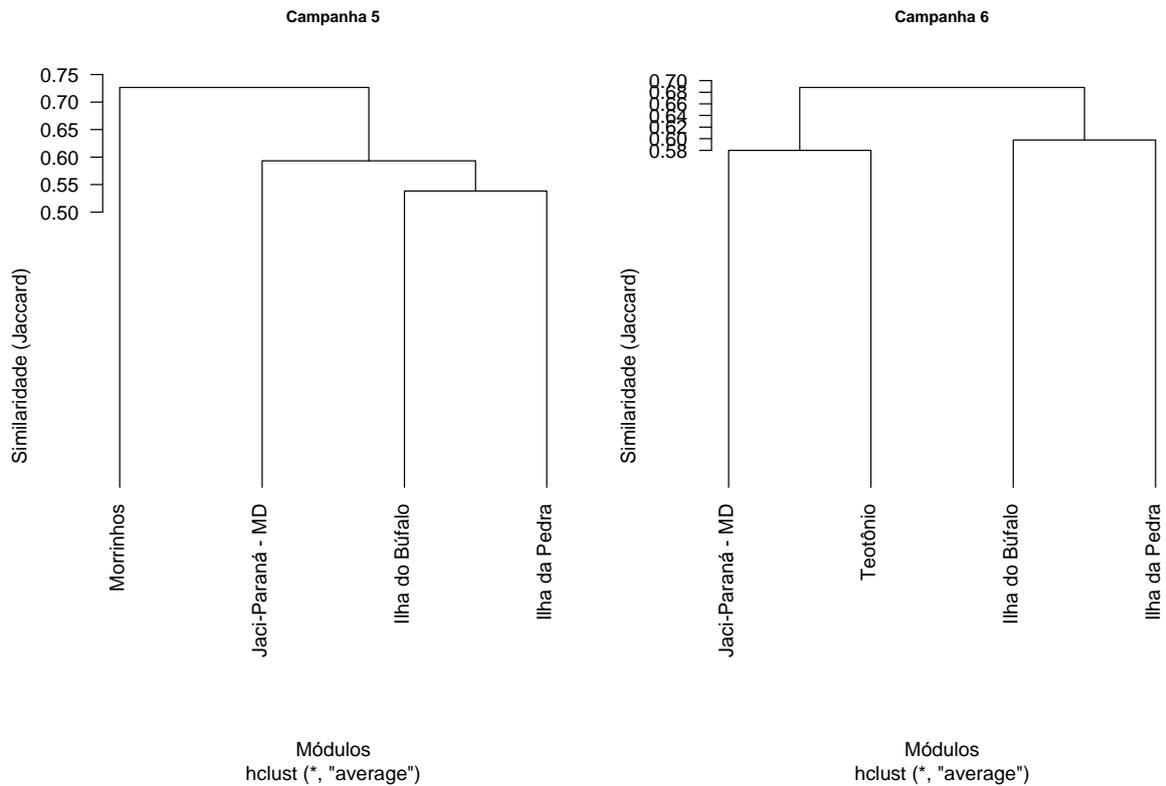
Campanhas	Módulos	Ilha do Búfalo	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Jirau - ME	Morrinhos	Teotônio
	Teotônio	0,690	0,633	0,718	1,000		
	Novo Módulo Jaci	0,747	0,649	0,543	0,738	1,000	
		Ilha dos Búfalos	Ilha da Pedra	Jaci-Paraná - MD	Teotônio	Jaci Novo	
10	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,625	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,623	0,556	1,000			
	Teotônio	0,621	0,588	0,589	1,000		
	Novo Módulo Jaci	0,655	0,679	0,574	0,526	1,000	
11	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,638	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,777	0,784	1,000			
	Teotônio	0,724	0,674	0,783	1,000		
	Novo Módulo Jaci	0,798	0,747	0,607	0,750	1,000	
12	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,606	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,806	0,785	1,000			
	Teotônio	0,641	0,517	0,771	1,000		
	Novo Módulo Jaci	0,792	0,774	0,565	0,737	1,000	
13	Ilha do Búfalo	1,000					
	Ilha da Pedra	0,591	1,000				
	Jaci-Paraná - MD	0,753	0,727	1,000			
	Teotônio	0,693	0,633	0,720	1,000		
	Novo Módulo Jaci	0,617	0,703	0,699	0,758	1,000	



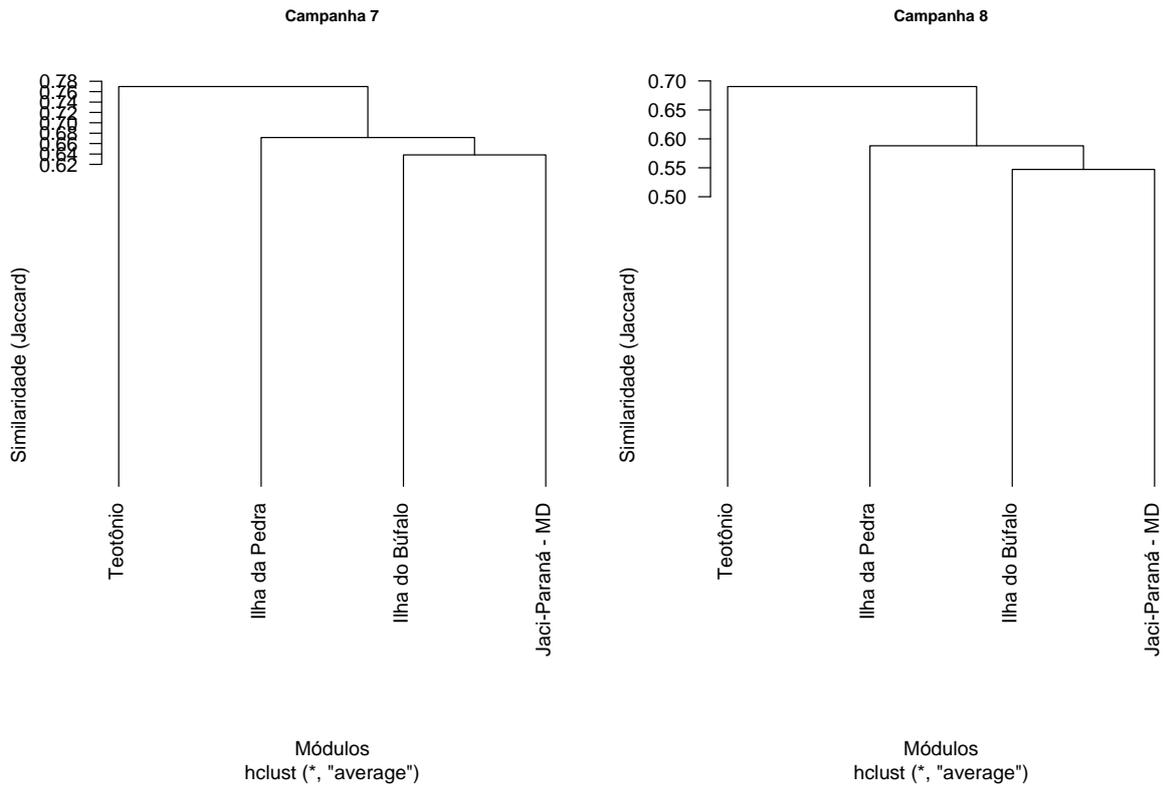
**Figura 11.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados das duas primeiras campanhas realizadas.



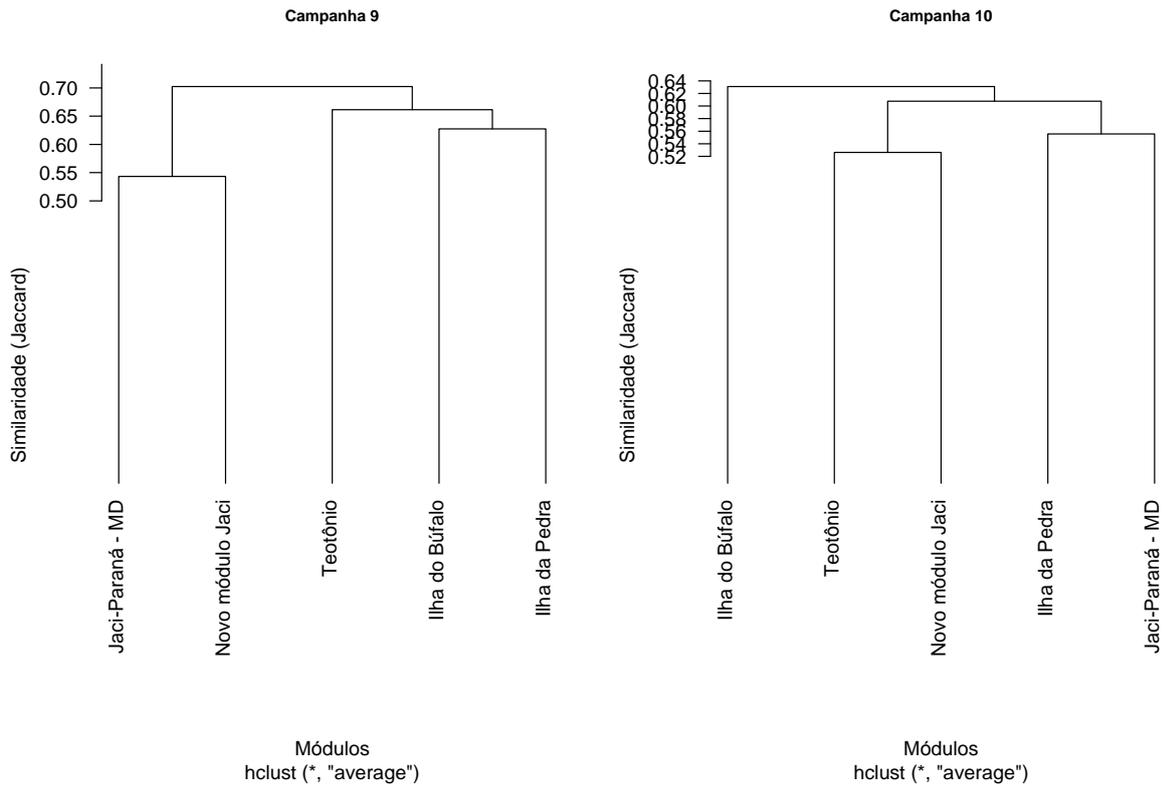
**Figura 12.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da terceira e quarta campanhas realizadas.



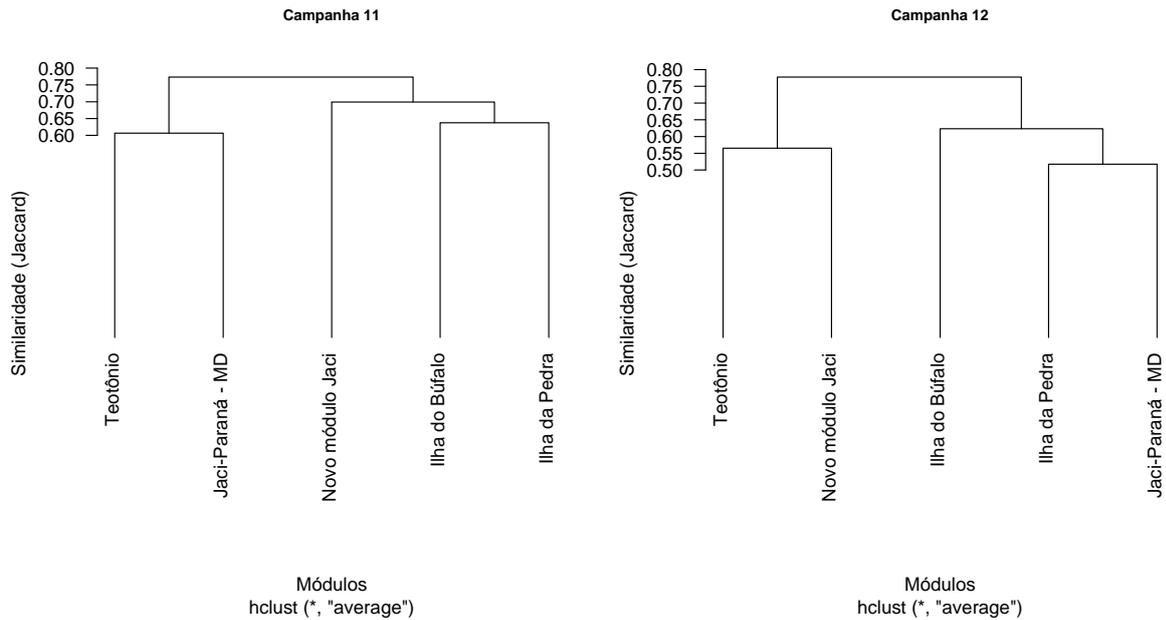
**Figura 13.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da quinta e sexta campanhas realizadas.



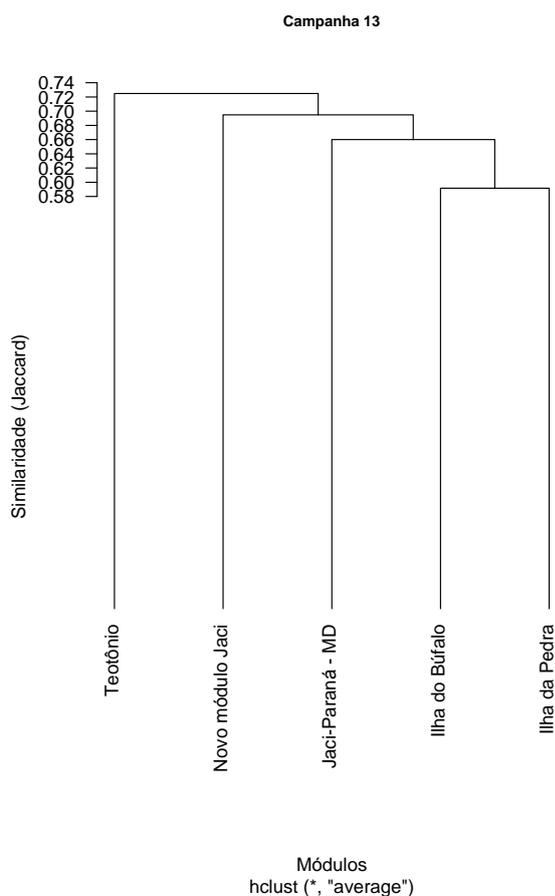
**Figura 14.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da sétima e oitava campanhas realizadas.



**Figura 15.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da nona e décima campanhas realizadas.



**Figura 16.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da décima primeira e décima segunda campanhas realizadas.

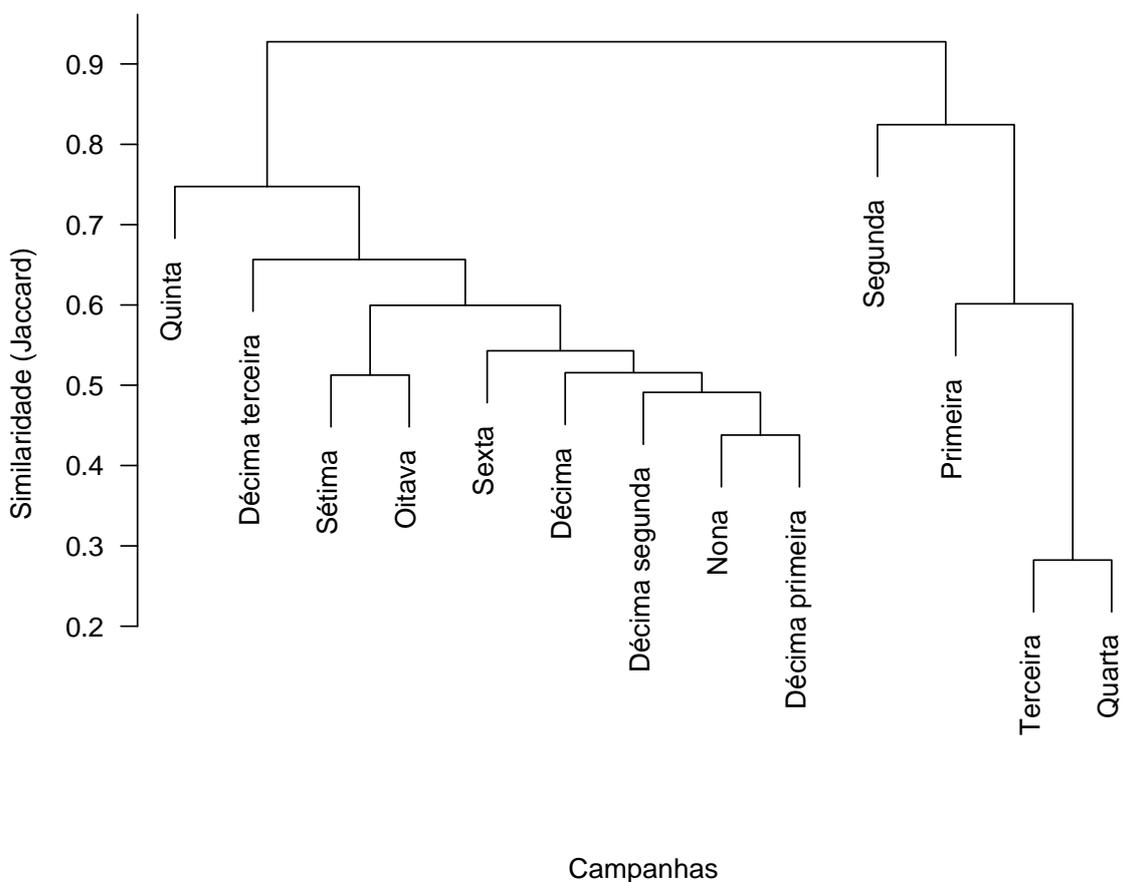


**Figura 17.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre os módulos das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. A matriz de dissimilaridade (índice de *Jaccard*) foi calculada para os dados da décima terceira campanha realizada.

A similaridade (diversidade beta) também foi elevada ao analisarmos as 13 campanhas juntas (Tabela 5). As maiores diferenças foram detectadas entre a primeira campanha e a terceira campanha; a primeira e a quarta campanhas; a segunda e a quarta campanhas e entre a terceira e quarta campanhas. Existem dois agrupamentos formados pelas 13 campanhas, um dos agrupamentos, contem dados da primeira a quarta campanha e outro agrupamento contem dados da quinta a décima terceira campanha (Figura 18).

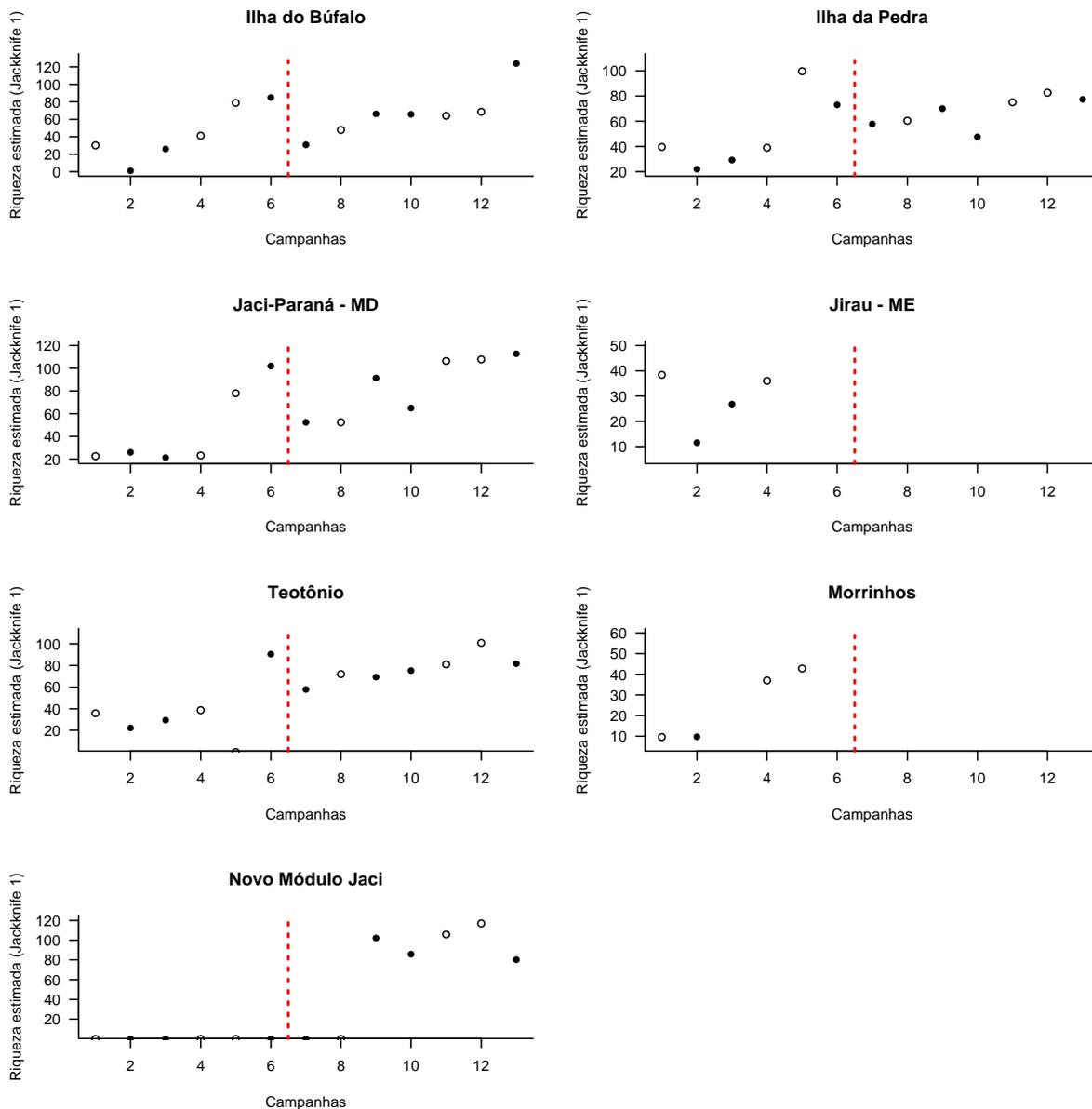
**Tabela 5.** Matriz de similaridade (Jaccard) entre as treze campanhas do monitoramento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Campanhas	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Sexta	Sétima	Oitava	Nona	Décima	Décima primeira	Décima segunda	Décima terceira
Primeira	1,000												
Segunda	0,861	1,000											
Terceira	0,632	0,815	1,000										
Quarta	0,571	0,798	0,282	1,000									
Quinta	0,935	0,947	0,968	0,948	1,000								
Sexta	0,889	0,962	0,951	0,937	0,677	1,000							
Sétima	0,865	0,953	0,933	0,916	0,770	0,637	1,000						
Oitava	0,880	0,955	0,926	0,915	0,716	0,583	0,513	1,000					
Nona	0,867	0,971	0,936	0,922	0,769	0,515	0,607	0,547	1,000				
Décima	0,854	0,972	0,927	0,918	0,745	0,576	0,581	0,527	0,531	1,000			
Décima primeira	0,855	0,961	0,935	0,923	0,765	0,520	0,654	0,583	0,437	0,476	1,000		
Décima segunda	0,884	0,971	0,946	0,936	0,740	0,559	0,663	0,610	0,507	0,539	0,474	1,000	
Décima terceira	0,879	0,978	0,941	0,931	0,798	0,669	0,739	0,708	0,662	0,598	0,629	0,587	1,000



**Figura 18.** Análise de similaridade da fauna de formigas de serapilheira entre as treze campanhas das áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

A riqueza estimada para a área de influência da UHE Santo Antônio foi elevada (Figura 19), em comparação aos padrões já verificados em outros estudos realizados na região amazônica, indicando que a área de estudo é tão rica em espécies de formigas como aquelas que são protegidas por lei, onde outros estudos já foram conduzidos, por exemplo, Fagundes 2003, Oliveira *et al.*, 2009 e Souza *et al.*, 2007, 2012. Após o completo enchimento do reservatório (a partir da sétima campanha), houve de maneira geral, uma tendência na redução da riqueza estimada, onde a sexta campanha tende a ser maior que as campanhas subsequentes (sétima e oitava). Isto é um indicativo de que o enchimento do reservatório afetou diretamente a riqueza das formigas, já que as campanhas realizadas depois do enchimento (sétima à décima terceira) não atingiram a riqueza estimada da sexta, última campanha do pré-enchimento. Não há diferença significativa entre a riqueza estimada para períodos menos ou mais chuvosos (símbolos brancos ou pretos respectivamente) ao longo das treze campanhas nos módulos estudados.



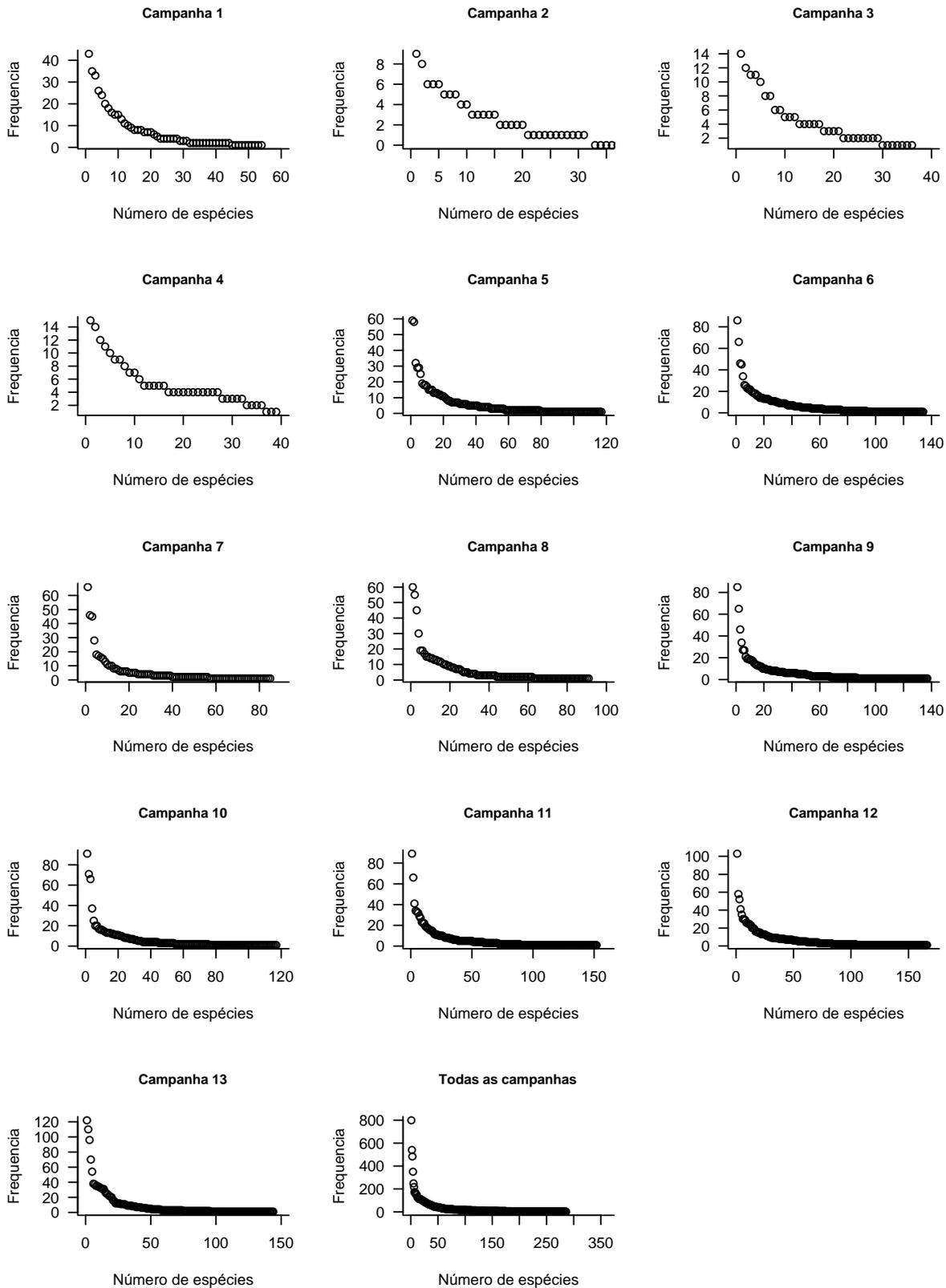
**Figura 19.** Gráfico de riqueza estimada (*Jackknife 1*) das assembleias de espécies de formigas nos sete módulos em treze campanhas do monitoramento de fauna nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO. A linha vermelha separa as coletas realizadas em antes e depois do enchimento do reservatório. Os símbolos brancos fazem referência ao período de menor precipitação pluviométrica, e os símbolos pretos à maior precipitação.

A dominância de todos os módulos juntos a cada campanha foi elevada em todas as campanhas (Figura 20). Na primeira campanha, detectou-se 14 espécies com dez encontros (frequência relativa) ou mais, em um total de 53 espécies. Nesta mesma campanha dez

espécies foram registradas uma única vez. Na segunda campanha não houve nenhuma espécie com dez ou mais encontros, e nove espécies foram registradas uma única vez. Na terceira campanha, seis espécies foram detectadas em dez ou mais encontros e sete registros de espécies com apenas um encontro. Na quarta campanha, novamente seis espécies tiveram dez ou mais encontros e apenas 3 espécies foram registradas uma única vez. Na quinta campanha, registrou-se 21 espécies com dez ou mais encontros do total de 115 espécies. Nesta campanha o valor de espécies registradas uma única vez foi 36. Na sexta campanha, registrou-se 30 espécies com dez ou mais encontro de um total de 134, e o número de espécies encontradas uma vez foi de 41. A sétima campanha foi a campanha com a menor dominância depois do enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio, onde apenas 12 espécies foram registradas em dez ou mais encontros e 29 espécies registradas uma única vez dentro de um total de 85 espécies coletadas nesta campanha. Para a oitava campanha foram coletadas 90 espécies, destas 18 foram registradas em dez ou mais encontros e 29 em apenas um encontro. Na nona campanha o número de espécies subiu para 137, onde o número de espécies com dez ou mais registros foi 21 e o número de encontros únicos foi 51. Na décima campanha o total de espécies registradas foi de 116, com 22 espécies com dez encontros ou mais e 41 espécies com apenas um registro na campanha. Na décima primeira campanha o total de espécies subiu para 152, com 26 espécies com 10 ou mais registros e 63 espécies com um único registro. Na décima segunda campanha o total de espécies chega ao seu máximo até o momento com 166 registros, com 30 espécies com 10 registros ou mais e 62 espécies registradas uma única vez. Na décima terceira campanha, o total de espécies reduz para 142, com 31 espécies com dez ou mais encontros e 49 espécies com um único registro.

De modo geral as campanhas possuem um número relativamente pequeno (0-26% do total de espécies por campanha) de espécies dominantes (aqui categorizada como aquelas com dez ou mais registros), um número relativamente maior (7-41% do total de espécies por campanha) de espécies registradas em um único encontro e entre estes extremos se encontram a maior parte das espécies. O número de espécies com encontros únicos foi bastante elevado nas quinta, sexta, e a partir da nona campanhas. Este valor reduz consideravelmente na sétima campanha (29), muito provavelmente por conta do enchimento do reservatório, e se mantém em 29 na oitava campanha, subindo para 51 na nona, com 41 na décima, subindo consideravelmente para 63 na décima primeira campanha, se mantendo com 62 na décima segunda e reduzindo para 49 na décima terceira campanha. Este elevado número de encontros únicos em todas as campanhas também é um indicativo de que a cada coleta realizada, mais espécies novas poderão ser

registradas na área, corroborando o indicativo evidenciado acima com as curvas de acúmulo de espécie (Figura 7 e 8). Este padrão de alta dominância é um padrão comumente observado nos mais variados ambientes (Magurran, 2004). Entre as espécies registradas nas treze campanhas, quase a metade aparece com menos de dez encontros. Apesar da existência de muitas espécies raras ou pouco coletadas, nenhuma delas está entre as quatro espécies de formigas atualmente incluídas na lista de ameaçadas de extinção (MMA, 2003), mesmo porque, nenhuma delas jamais foi registrada na região amazônica.



**Figura 20.** Frequência relativa (número de colônias/encontros) das espécies de formigas encontradas em todos os módulos de amostragens, nas treze campanhas de monitoramento de fauna realizadas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho – RO.

Para verificar se as espécies indicadas como vulneráveis na fase de pré-enchimento do reservatório estão sujeitas ao desaparecimento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio em função do enchimento para a formação do reservatório, foram gerados diagramas por campanha e módulos (Figura 21). A distribuição destas espécies está restrita às áreas que foram alagadas ou então, muito próximas da cota de alagamento após o enchimento do lago.

Após a realização de treze campanhas constatou-se que, *Cephalotes minutus*, *Cephalotes* sp. 01, *Pheidole* sp. 08, *Stegomyrmex manni* e *Typhlomyrmex* sp. 01 foram classificadas, no presente estudo, como espécies/morfoespécies com distribuição restrita às cotas alagadas.

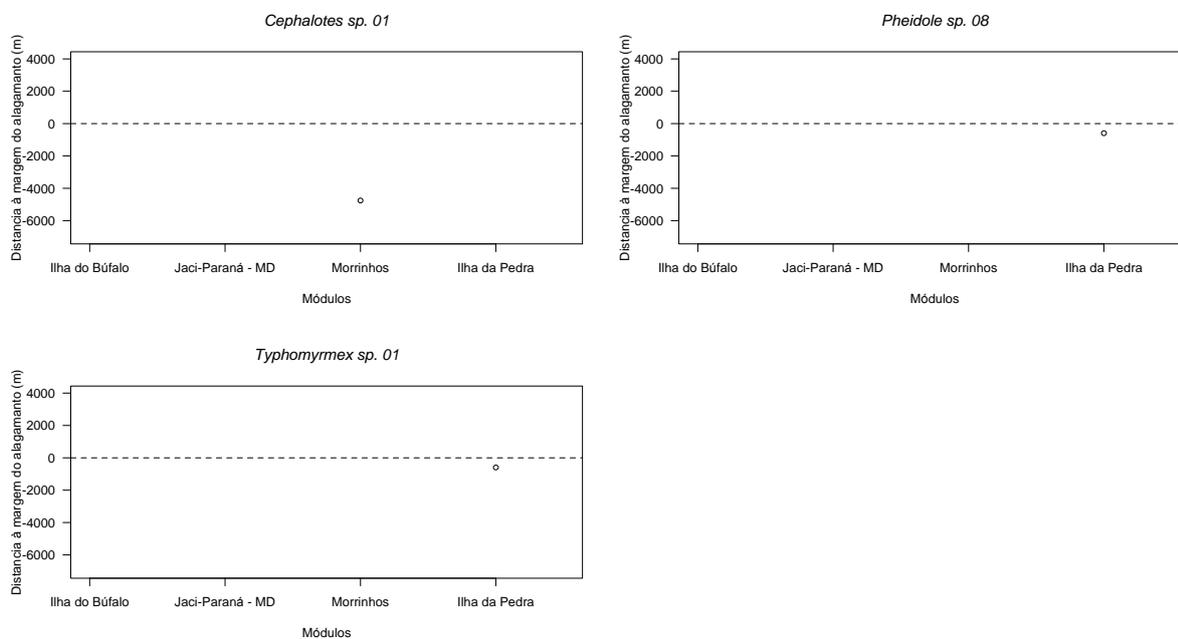
Embora duas espécies (*Cephalotes minutus* e *Cephalotes* sp. 01) tenham sido identificadas como vulneráveis em Morrinhos que foi totalmente alagado depois da 5ª campanha (Figura 21), estas espécies pertencem a um gênero de formigas arborícola, e a amostragem desta fauna é subestimada pelo método empregado, além de terem sido registradas em outros estudos na região amazônica como os de Oliveira *et al.* (2009) e Souza *et al.* (2012). Além disso a espécie *Cephalotes minutus* foi novamente registrada no módulo de Jaci-Paraná – MD na décima segunda campanha.

Na sexta campanha, foi coletada a formiga *Stegomyrmex manni* (Figura 22), nunca antes registrada no Brasil, estando presente apenas na área de influência da UHE Santo Antônio. Segundo a revisão recente do gênero *Stegomyrmex* (Feitosa *et al.*, 2008), esta espécie possui registro apenas para a Costa Rica, Panamá e Colômbia. O registro desta espécie na área de influência da UHE Santo Antônio é importante não somente por ser o primeiro registro para o Brasil, mas por ampliar consideravelmente a distribuição da espécie. Surpreendentemente, outro registro desta espécie ocorreu na décima terceira campanha no módulo de Jaci-Paraná –MD.

Espécies como *Stegomyrmex manni* são pouco coletadas nos estudos ecológicos com formigas, provavelmente devido ao seu hábito críptico e de locomoção lenta na serapilheira acumulada no chão das florestas. Com o rápido enchimento do reservatório, as formigas podem não ter conseguido atingir locais seguros, fora das cotas de alagamento. Estudos mais recentes (Feitosa *et al.*, 2008) indicam que outras espécies do gênero tem uma maior distribuição na região neotropical.

As outras duas espécies *Pheidole* sp.8 e *Typhlomyrmex* sp. 01 não foram mais coletadas nas campanhas subsequentes àquela em que foram registradas (quinta campanha) provavelmente por estarem muito próximas a cota de alagamento do módulo de Ilha da Pedra. Este módulo que teve sua parcela situada na cota -90m alagada

definitivamente depois da sexta campanha e as duas espécies em questão foram coletadas na cota mais próxima (-594m). Dessa maneira das 5 espécies indicadas anteriormente, após 13 campanhas, duas já foram registradas em outros módulos na área de influência da UHE Santo Antônio.



**Figura 21.** Distribuição das espécies de formigas afetadas com o enchimento do lago da UHE Santo Antônio em Porto Velho – RO em relação à cota de inundação após treze campanhas em conjunto.



**Figura 22.** Espécime de *Stegomyrmex manni*. Foto: Itanna Fernandes.

Após a décima terceira campanha, outras 70 espécies/morfoespécies foram registradas em apenas uma parcela, porém fora da área de influência do alagamento. Dentre estas espécies, as morfoespécies *Cerapachys* sp. 01 e *Cerapachys* sp. 02 (Figura 23 e 24), ambas, provavelmente novas para a ciência. Este gênero inclui formigas subterrâneas, onde as operárias eventualmente são coletadas na superfície do solo. Até o momento, apenas uma espécie deste gênero foi registrada para o Brasil, *Cerapachys splendens*, que difere morfológicamente das morfoespécies encontradas na parcela de 4 km no módulo de Ilha do Búfalo e km 0 de Jaci-Paraná – MD.



**Figura 23.** Espécime de *Cerapachys* sp. 01. Foto: Itanna Fernandes.



**Figura 24.** Espécime de *Cerapachys* sp. 02. Foto: Itanna Fernandes.

A espécie, *Oxyepoecus ehippiatus* (Figura 25) merece destaque por possuir registro apenas para sua localidade tipo, sendo esta, Manaus (Albuquerque & Brandão, 2004), isto amplia a distribuição desta formiga em aproximadamente 900 km.



**Figura 25.** Espécime de *Oxyepoecus ehippiatus*. Foto: Itanna Fernandes.

Na décima segunda campanha, registramos na parcela 0,5 km em Ilha da um espécime de *Cheliomyrmex* sp. 01 (Figura 26), este gênero é considerado o mais raro dentre as formigas da subfamília Ecitoninae. São formigas pouco coletadas e, por conta disso, sua biologia continua enigmática. As rainhas são desconhecidas e duas espécies são conhecidas apenas por machos (*C. audax* e *C. morosus*). As espécies desse gênero possuem hábito subterrâneo, mas ocasionalmente podem formar grandes colunas forrageando sobre o solo.



**Figura 26.** Espécime de *Cheliomyrmex* sp. 01 Foto: Itanna Fernandes.

Pela primeira vez na área de influência da UHE Santo Antônio, foi registrado o gênero *Simopelta*. No módulo de Ilha do Búfalo foi detectado *Simopelta* sp. 01 (Figura 27) e *Simopelta* sp. 02 (Figura 28) em Jaci-Paraná –MD, ambas na décima terceira campanha. *Simopelta* é um gênero pouco estudado, por essa razão conhecemos apenas alguns aspectos de sua biologia. O gênero possui hábitos legionários, alternando entre fases migratórias e estacionárias. Forrageia durante o dia, normalmente no solo e eventualmente na vegetação.



0,5 mm

Figura 27. Espécime de *Simopelta* sp. 01 Foto: Itanna Fernandes.



1 mm

Figura 28. Espécime de *Simopelta* sp. 01 Foto: Itanna Fernandes.

Na análise de detecção, realizada para avaliar o erro associado à ocorrência das três espécies que podem ser afetadas com o enchimento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, todas foram registradas em apenas uma parcela, sendo as menos prováveis de serem detectadas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Estimativas e erro padrão das probabilidades de detecção das três espécies encontradas restritamente nos locais de amostragem que foram submersos com a formação do reservatório nas treze campanhas realizadas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

Campanha	Taxon	Detectabilidade	Erro Padrão
5	<i>Cephalotes</i> sp. 1	0,2085	-1,000
	<i>Pheidole</i> sp. 08	0,2085	-1,000
	<i>Thyphomyrmex</i> sp. 1	0,2085	-1,000

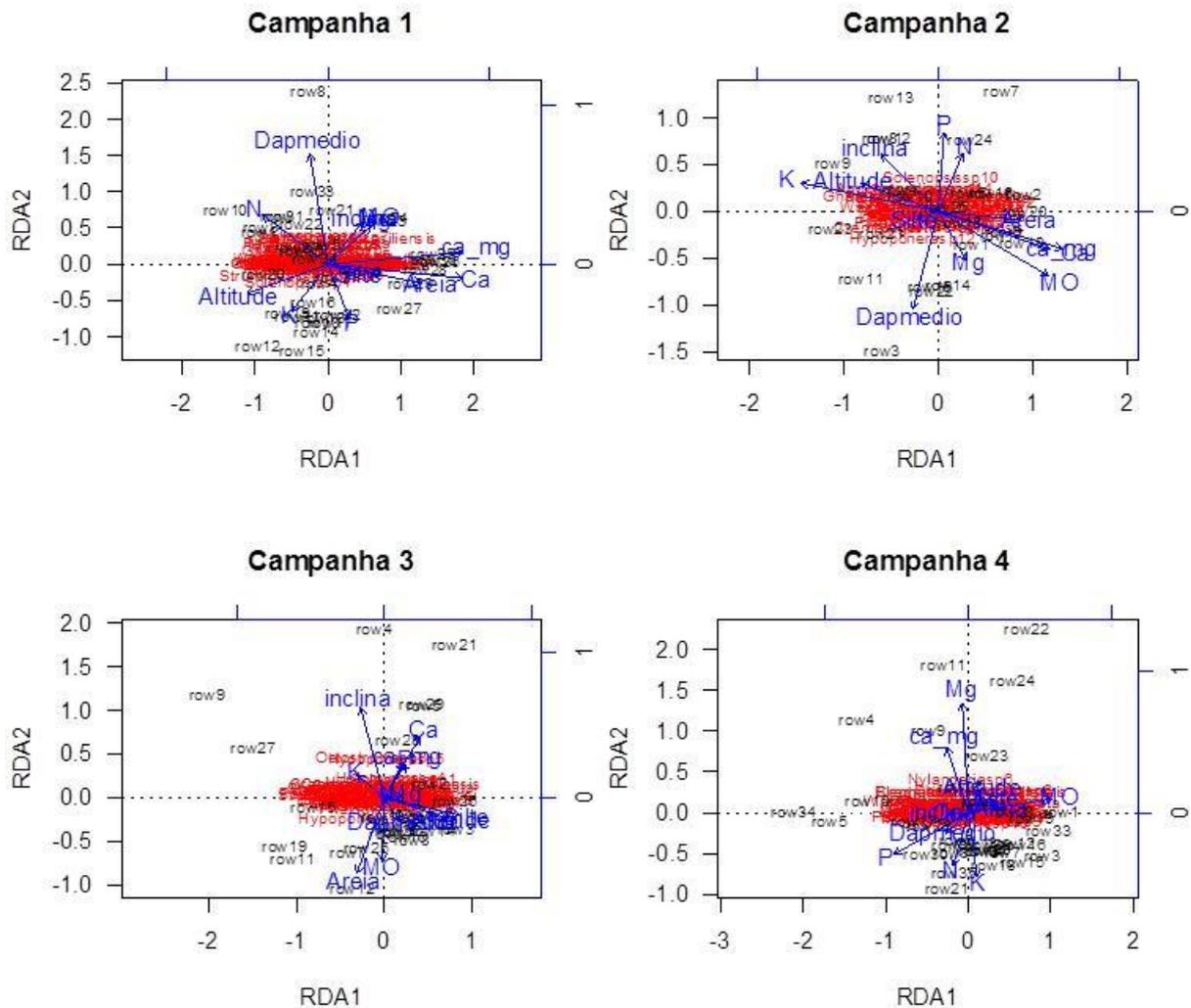
A influência de variáveis ambientais (abióticas) sobre a composição das assembleias de formigas nas dez campanhas foi testada com a Análise de Redundância (RDA). Os resultados da RDA indicam que a altitude, junto com alguns elementos constituintes da química do solo (Ca, Mg, K, P), sua granulometria (Areia e Silte) e o Diâmetro médio das árvores nas parcelas são capazes de influenciar a distribuição das formigas nas áreas de influência da SAE explicando de 33 a 63% da variação encontrada nas assembleias das treze campanhas (Tabela 7, Figura 29, 30, 31 e 32). A altitude parece ser a variável preditora mais consistente, estando presente em mais de 90% dos casos como uma das variáveis significativas do modelo, tanto para as análises das campanhas separadas como para a análise das treze campanhas juntas. Porém, em algumas campanhas (2, 4 e 8), as variáveis testadas não influenciaram a distribuição das formigas. Isto não significa que as formigas não sejam influenciadas por fatores ambientais nestas campanhas, mas sim que as variáveis utilizadas não foram capazes de explicar a distribuição.

O percentual de explicação (valor da RDA) do modelo utilizado foi elevado quando comparado com outros estudos realizados na região amazônica (ex. Souza *et al.*, 2012). Isto sugere que a altitude junto com as outras variáveis são importante para o monitoramento das assembleias de formigas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, dado que, ao alterar o local de amostragem em relação a altitude do terreno, verifica-se que a composição das assembleias mudam significativamente ao longo das campanhas.

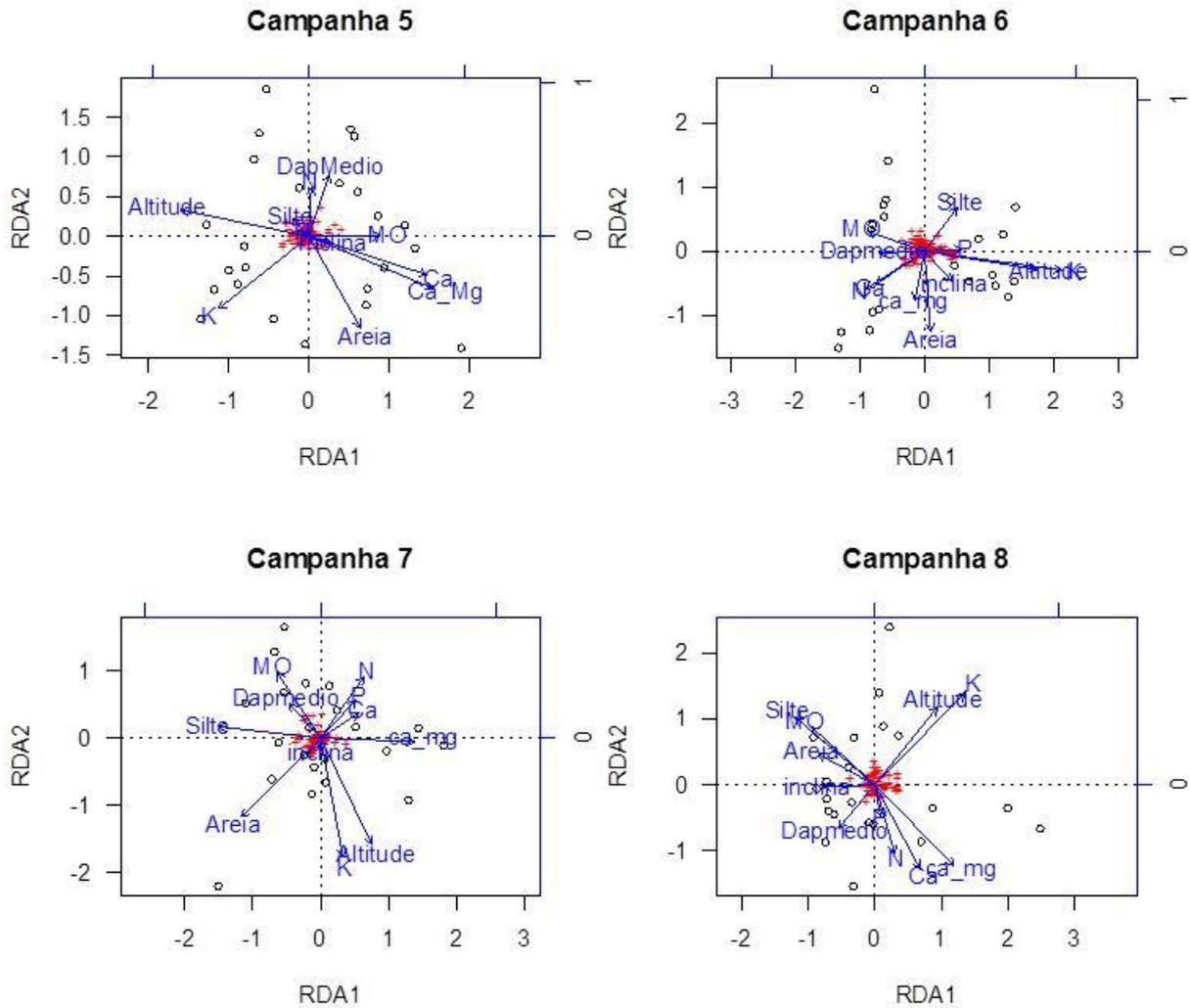
**Tabela 7.** Percentual da variância explicada pelas variáveis ambientais no modelo testado (RDA), significância dos eixos e as variáveis que contribuíram significativamente na distribuição das assembleias de formigas nos módulos nas áreas de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO. (Nível de significância: \*  $\leq 0,05$ ; \*\*  $\leq 0,01$ ).

Campanha	RDA	Eixos	Variáveis	p
1	0,4158*	1**,2**,3*,4*	Altitude	$\leq 0,01$
			Ca+Mg	$\leq 0,01$
			DAP	$\leq 0,05$
2	0,5116			
3	0,4186	1**,2*,3*	Silte	$\leq 0,05$
4	0,3316			
5	0,466	1*	Altitude	$\leq 0,01$
6	0,6100**	1**, 2*, 3*	Altitude	$\leq 0,01$
			K	$\leq 0,01$
			Areia	$\leq 0,05$
7	0,6296**	1*, 2**,3*	Altitude	$\leq 0,05$
			K	$\leq 0,05$
			Ca	$\leq 0,05$
			N	$\leq 0,05$
			Areia	$\leq 0,01$
8	0,5653			
9	0,6320*	1**, 2*	Altitude	$\leq 0,01$
			K	$\leq 0,05$
10	0,6900**	1*,2*,3*	Altitude	<b><math>\leq 0,05</math></b>
			K	<b><math>\leq 0,01</math></b>
11	0,6823*	1**, 2*	Altitude	$\leq 0,01$
			K	$\leq 0,05$
12	0,6826**	1**, 2*	Cota	$\leq 0,05$
			Altitude	$\leq 0,05$
			K	$\leq 0,01$
			Ca+Mg	$\leq 0,05$
			Areia	$\leq 0,01$
13	0,6799**	1**, 2**	Cota	$\leq 0,05$
			Altitude	$\leq 0,05$
			K	$\leq 0,01$
			Ca+Mg	$\leq 0,05$
			Areia	$\leq 0,05$

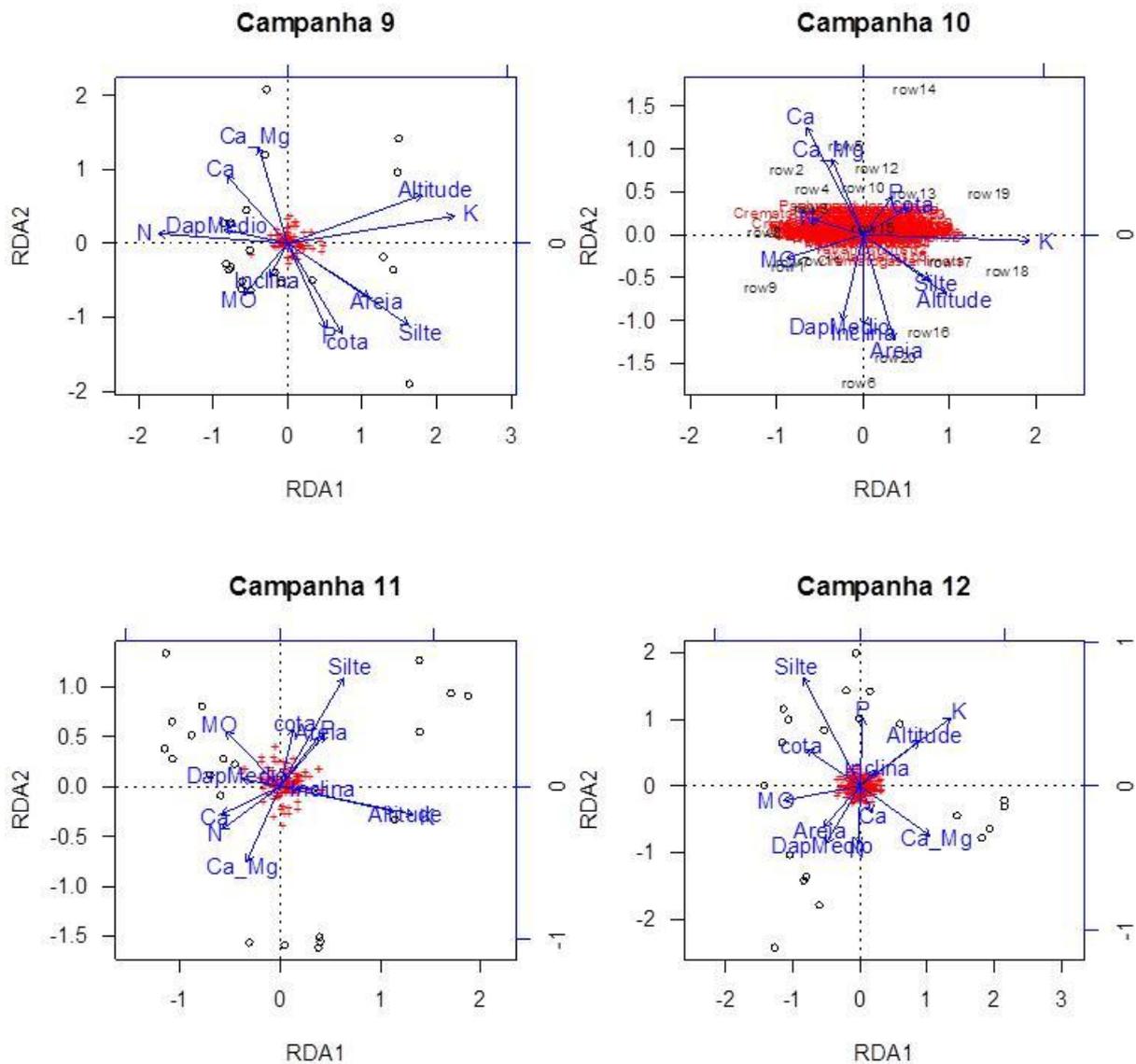
Campanha	RDA	Eixos	Variáveis	p
Tudo	0,6900**	1**,2**,3*	Altitude	≤ 0,01
			P	≤ 0,01
			K	≤ 0,05
			Ca+Mg	≤ 0,01



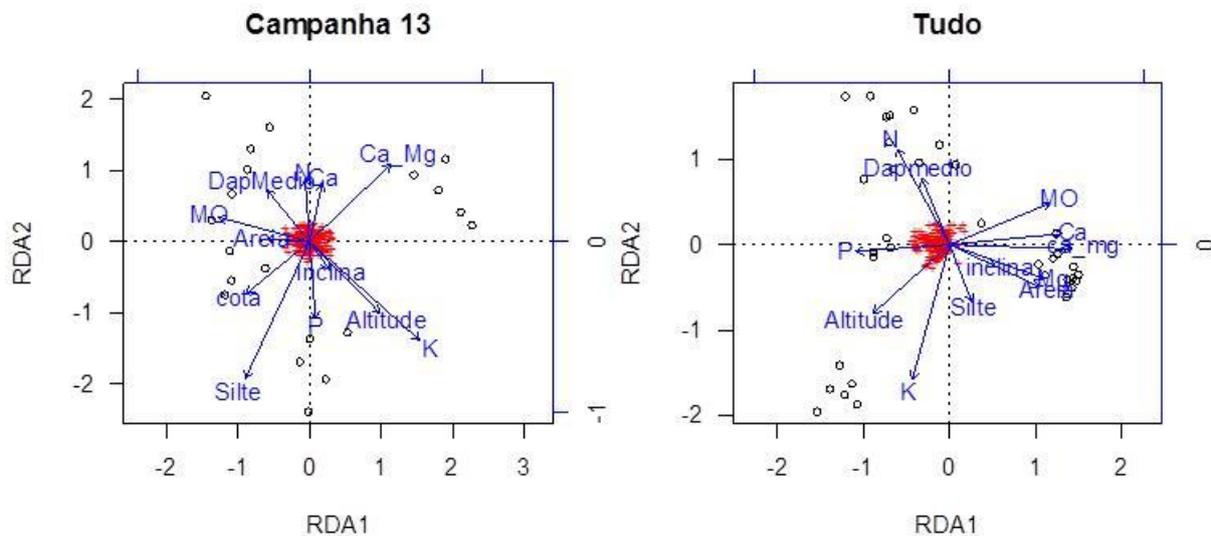
**Figura 29.** Gráficos com os dois primeiros eixos da RDA, indicando as variáveis utilizadas no modelo passíveis de influenciar a composição da assembleia de formigas nos módulos de amostragem nas campanhas 1 a 4 na área de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.



**Figura 30.** Gráficos com os dois primeiros eixos da RDA, indicando as variáveis utilizadas no modelo passíveis de influenciar a composição da assembleia de formigas nos módulos de amostragem nas campanhas 5 a 8 na área de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.



**Figura 31.** Gráficos com os dois primeiros eixos da RDA, indicando as variáveis utilizadas no modelo passíveis de influenciar a composição da assembleia de formigas nos módulos de amostragem nas campanhas 9, 10, 11 e 12 na área de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.



**Figura 32.** Gráficos com os dois primeiros eixos da RDA, indicando as variáveis utilizadas no modelo passíveis de influenciar a composição da assembleia de formigas nos módulos de amostragem na décima terceira campanha e nas campanhas em conjunto na área de influência da UHE Santo Antônio, Porto Velho - RO.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório é referente aos dados coletados ao longo das treze campanhas (outubro 2010 a janeiro de 2014) realizadas nas áreas de influência da UHE Santo Antônio e, embora campanhas adicionais ainda devam ser realizadas, alguns padrões gerais já podem ser observados e/ou esperados. Ao final de treze coletas, cerca de 50 mil espécimes foram coletados e identificados em 349 táxons. Estes valores são muito similares aos encontrados por outros estudos realizados com assembleias de formigas em área de reservas ambientais na região amazônica (Miranda *et al.*, 2012; Oliveira 2013; Oliveira *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2007; 2012). Isto indica que a área de influência da UHE Santo Antônio possui um elevado número de espécies de formigas, comparável com aqueles encontrados em locais sobre proteção do Estado.

Um estudo realizado sobre a disponibilidade de espécies (apenas as formalmente descritas) de formigas em coleções entomológicas, indica Porto Velho com pouca representatividade (1-5 espécies depositas). Depois deste monitoramento, a região de Porto Velho passa a ter 86 espécies depositadas em coleção entomológica, saindo de uma situação de pouca para elevada representatividade, se equiparando a outros lugares mais bem estudados da região amazônica.

Os resultados das curvas de rarefação até o momento não indicam estabilização, ou seja, demonstram que a cada nova amostra, novas espécies são adicionadas, indicando que muitas espécies ainda podem ser registradas na região. Isto foi confirmado em todas as campanhas, onde sempre foram adicionadas mais espécies à lista coletada na campanha anterior, inclusive algumas espécies sabidamente novas para a ciência.

Ao analisarmos as campanhas anteriores ao enchimento do reservatório, percebemos que a quinta e sexta campanhas foram as que mais contribuíram com o número de espécies neste período (115 e 134 para 205 ao total). A partir da sétima campanha, realizada após o total enchimento do reservatório, foi registrada uma sensível redução no número de espécies (85). Este padrão se mantém na oitava campanha (90), com um posterior incremento no número de espécies com a adição de um novo módulo denominado Novo Módulo Jaci, aumentando o número de espécies para 137, 116, 152, 166 e 142 espécies na nona, décima, décima primeira, décima segunda e décima terceira campanhas respectivamente. Sendo este, um dos módulos que mais contribuiu para o acréscimo de espécies no período de pós-enchimento.

A campanha com maior número de espécies antes do total enchimento do reservatório foi a sexta campanha, com 134 espécies registradas e um valor de 179 espécies estimadas pelo *Jackknife I*. Ao que parece, o efeito direto do enchimento está atuando no aumento de espécies encontradas no decorrer das campanhas.

As análises de diversidade (*Simpson*) indicam uma elevada diversidade de formigas na área (acima de 0,9 em média; índice variando de 0 à 1). No geral, existe uma alta similaridade entre os módulos durante as campanhas, embora a composição das assembleias de formigas varie significativamente entre as campanhas, indicando uma alta taxa de mudança/substituição na comunidade de formigas na área de influência da UHE Santo Antônio. Em um estudo recente comparando duas épocas distintas, Oliveira (2013) detectou uma diferença de 50% na composição das assembleias de formigas, porém ambas com as mesmas respostas frente as variáveis ambientais em uma área de floresta ombrófila no Amazonas. Além disso, ao fim de treze campanhas, a variável que mais explicou (RDA acima de 33 %) a distribuição das formigas foi a altitude do terreno nos módulos, isto nos sugere que para um melhor entendimento da dinâmica das assembleias de formigas, será necessário uma abrangência espacial razoável. Como algumas campanhas são realizadas entre estações de mais e menos chuva na região, talvez a inclusão de algumas variáveis capazes de mensurar a variação de umidade na região (ex: precipitação pluviométrica, umidade do solo, variação do lençol freático) possam indicar melhor como as formigas se distribuem e como estas são influenciadas pelas variáveis na área de influencia da SAE.

O número relativamente mais baixo de espécies coletadas nas campanhas 1 à 4 antes do enchimento do reservatório não necessariamente traduzem um efeito desta operação, uma vez que, houve uma troca na equipe responsável pelas coletas de formigas. Associado a isso, o método escolhido para a coleta de formigas neste estudo pode ser influenciado pela capacidade/habilidade do coletor, pois não é um método que opera sozinho (Bestelmeyer *et al.*, 2000, Souza *et al.*, 2012). Desta maneira fica difícil separar o efeito metodológico do efeito ambiental neste caso específico.

Ao analisarmos a primeira até décima terceira campanha, 70 espécies /morfoespécies com distribuição geográfica restrita foram identificadas, porém estas espécies não foram afetadas pelo enchimento nas áreas de influência da UHE Santo Antônio. Mas vale lembrar que, ao analisarmos as treze campanhas juntas, destas 70 espécies, três ainda possuem distribuição geográfica restrita e todas essas três espécies possuem probabilidades de detecção baixa. As outras 67 espécies já foram registradas em campanhas anteriores em parcelas que não sofrem influência direta do enchimento do lago, o que é um indicativo de que elas possam ocorrer mais amplamente entre os módulos, porém são pouco visualizadas.

Além destas três espécies que poderiam ter sido afetadas diretamente pelo enchimento do lago, outras duas espécies também tiveram registros únicos e merecem destaque por se tratarem de potenciais espécies novas para a ciência, que é o caso de *Cerapachys* sp. 1 e *Cerapachys* sp. 2, ou por se tratar de uma ampliação de registro geográfico abrangente, como no caso de *Oxyepoecus ephippiatus*, antes conhecida apenas para a localidade tipo, Manaus – AM, que teve sua abrangência geográfica ampliada em mais de 900 km.

Outro fato de grande relevância foi a coleta de duas espécies muito raras, sendo elas, *Tatuidris tatusia* e *Cheliomyrmex* (espécie ainda não identificada). Ambas são formigas predadoras que habitam a serapilheira e o subsolo, sendo raramente coletadas em todo o mundo. *Tatuidris* é um gênero monotípico (possui apenas uma espécie), a espécie foi registrada para o módulo de Teotônio na décima segunda e décima terceira campanha, e para o módulo da Ilha do Búfalos na décima terceira campanha, este registro temporal é um fato inédito dentro do pouco que se conhece para esta espécie.

A formiga *Cheliomyrmex* é considerada a mais rara dentre as espécies que compõem a subfamília Ecitoninae (abriga as formigas chamadas de correição ou legionárias, que possuem hábito nômade e não possuem ninho físico fixo), possuindo apenas quatro espécies no Mundo, e apenas uma é registrada para o Brasil, porém a

espécie coletada na UHE de Santo Antônio não corresponde com a espécie registrada para o país.

As espécies *Anochetus diegensis*, *Blepharidatta brasiliensis*, *Solenopsis* sp. 1 e *Wasmannia auropunctata* foram detectadas como espécies com ampla distribuição temporal, estando presentes em todas as treze campanhas. *Wasmannia auropunctata* merece destaque por ser considerada praga em muitas localidades no mundo inteiro (Longino & Fernández, 2007; Wetterer & Porter, 2003). Esta espécie é rigorosa na escolha do ambiente onde nidifica, que variam de locais mais úmidos até ambientes mais secos, abrangendo matas sucessionais até florestas maduras. Em florestas úmidas costuma ser abundante até aproximadamente 500 m de altitude, e em ambientes de várzea ocorre na serapilheira no chão da floresta em todos os níveis de vegetação. Embora ocorra com frequência em amostras de habitats florestais maduros na Costa Rica, nunca é tão abundante naqueles habitats que seja perceptível como uma praga ou possa estar deslocando outras espécies nativas (Tennant, 1994). Por outro lado, em certos habitats agrícolas e em partes dos trópicos, onde foi introduzida, torna-se “superabundante”, com impactos negativos sobre as espécies nativas (redução no número e exclusão) e conforto humano (Clark *et al.*, 1982, Wetterer & Porter, 2003). Por isso é um exemplo de indicador ecológico, onde o monitoramento da frequência e abundância de *Wasmannia auropunctata* podem prever efeitos sobre a comunidade de formigas em ambientes fragmentados (Ambrecht & Ulloa-Chacón, 2003; Breton *et al.*, 2003). Talvez este potencial de indicador ecológico possa ser observado em monitoramentos futuros na área de influência da UHE Santo Antônio. Antes do início enchimento do reservatório (até a quinta campanha) a maior frequência de *W. auropunctata* foi de 13 encontros e a maior abundância foi de 252 indivíduos, ambos registrados na quinta campanha. Depois do início do enchimento do reservatório, a frequência e a abundância de *W. auropunctata* subiu consideravelmente na sexta campanha (22 encontros e 347 indivíduos). Estes valores tendem a reduzir nas campanhas subsequentes, mas de modo geral são maiores que àqueles registrados nas quatro primeiras campanhas realizadas antes do início enchimento do reservatório. Principalmente os valores relacionados aos números de encontros (frequência), indicando a abrangência espacial desta espécie, já que o número de indivíduos pode ser facilmente afetado pela coleta próxima a um ninho, enviesando a avaliação.

Por fim, é de suma importância considerar que o efeito do alagamento já causou mudanças (redução na riqueza total na área durante a sétima e oitava coletas, com uma elevação da frequência de uma possível espécie praga) e ainda poderá promover mudanças a longo prazo na assembleia de formigas. Entretanto, as análises deste relatório indicam

que há uma tendência da assembleia de formigas em se reorganizar, e retornar ao número de espécies equivalente ao estimado para antes do enchimento do reservatório. Logo, é importante a continuidade do monitoramento, para verificar as mudanças imediatas e as possíveis “adequações” (reorganização) e o estabelecimento das espécies/populações nas novas condições depois do enchimento do reservatório.

Ao final de treze campanhas, os resultados obtidos mostram que o número total de espécies de formigas no período de pós enchimento do reservatório (299) supera o valor atingido no período antes do enchimento (205). Desta maneira, sugerimos a manutenção do monitoramento com coletas anuais na época seca (menos chuvosa), com uma posterior avaliação para verificar se existe de fato a manutenção da riqueza na área de influência da UHE Santo Antônio. Em conjunto, recomenda-se analisar também a se há a manutenção das informações ecológicas (análises de RDA) e o monitoramento da frequência e densidade de *Wasmannia auropunctata* na área de influência da UHE Santo Antônio.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MONITORAMENTO DE ENTOMOFAUNA FORMICIDAE	60	SANTO ANTONIO ENERGIA Abril de 2014 – REV 1
--	----	--

- ALBUQUERQUE, N.L. & BRANDÃO, C.R.F. 2004. A revision of the neotropical solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). 1. The *Vezenyii* species-group. *Papeis Avulsos de Zoologia*. 44(4):55-80.
- ALONSO, L.E. 2000. Ants as indicators of diversity, p. 80-88. *In*: Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E. & Schultz, T. R. (eds.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution Press, 280pp.
- ALONSO, L.E. & AGOSTI, D. 2000. Biodiversity studies, Monitoring, and Ants: An Overview, p. 1-8. *In* D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO & T. R. SCHULTZ (eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., USA.
- ARMBRECHT, I.; ULLOA-CHACON, P. 2003. The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera : Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology* 32:542-547.
- ANDERSON, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*. 26: 32–46.
- BACCARO, F.B.; SCHIETTI, J.; GUARIENTO, H.F.; OLIVEIRA, M.L.; MAGALHÃES, C.U. 2008. Avaliação de um patrimônio. *Scientific American Brasil - Especial Amazônia*, São Paulo, p. 24 – 29.
- BENSON, W. & HARADA, A.Y. 1998. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Amazonica*. 18: 275-289.
- BESTELMEYER, B.T., AGOSTI, D., ALONSO, L.E., BRANDÃO, C.R.F., BROWN, J.W.L., DELABIE, J.H.C., SILVESTRE, R., MAJER, J.D., SCHULTZ, T.R., 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. *In*: AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.E., SCHULTZ, T.R. (Eds.), *Ants Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 122–145.
- BYRNE, M.M. 1994. Ecology of twig-dwelling ants in a wet lowland tropical Forest. *Biotropica*. 26:61-72.
- CARVALHO, K.S. 1998. Efeitos de borda sobre a comunidade de formigas de serrapilheira florestal na Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. INPA – UFAM. Manaus – AM, 64pp.
- CLARK, D. B.; GUAYASAMÍN, C.; PAZMIÑO, O.; DONOSO, D.; PÁEZ DE VILLACÍS, Y. 1982. The tramp ant *Wasmannia auropunctata*: autecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galapagos. *Biotropica* 14:196-207.

- COLWELL, R.K. 2013. Estimate S: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. URL [www.purl.oclc.org/estimates](http://www.purl.oclc.org/estimates)
- FAGUNDES, E.P. 2003. Efeitos de fatores do solo, altitude e inclinação do terreno sobre os invertebrados da serrapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, hymenoptera) da reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado. INPA – UFAM. Manaus, AM 70pp.
- FAITH, D. P.; MINCHIN, P. R.; BELBIN, L. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio* 69, 57–68.
- FELDMANN, M.; VERHAAGH, M.; HEYMANN, E. 2000. *Sericomyrmex* ants as seed predators. *Ecotropica*. 6: 207-209.
- FEITOSA, R. M.; BRANDÃO, C.R.F. & DINIZ, J.L.M. 2008. Revisionary Studies on the Enigmatic Neotropical Ant Genus *Stegomyrmex* Emery, 1912 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), With the Description of Two New Species. *Journal of Hymenoptera Research*. 17(1): 64-82.
- FITTKAU, E.J. & KLINGE H., 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*. 5: 2-14.
- GOTELLI, N., AND COLWELL, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- GOTELLI, N. J. G., ELLISON, A. M., DUNN, R. R., SANDERS, N. J. 2011. Counting ants (Hymenoptera : Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. *Myrmecological News*. 15: 13-19.
- HAWKINS, C.P.; NORRIS, R.H.; HOUGE, J.N.; & FEMINELLA, J.W. 2000. Development and evaluation of predictive models for measuring the biological integrity of steams. *Ecology Applications*. 10:1456-1477.
- HINES, J.E. 2006. Presence 2- Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON E.O. 1990. The Ants. Harvard University Press, MA, USA.
- HUBBELL, S.P. & FOSTER R.B. 1992. Short-term dynamics of a neotropical forest: why ecological research matters to tropical conservation and management. *Oikos*. 63: 48-61.
- KASPARI, M. & WEISER, M.D. 2000. Ant activity along moisture gradients in a neotropical Forest. *Biotropica* 32:703-711.
- KEMPF, W.W. 1970. Levantamento das formigas da Mata Amazônica, nos arredores de Belém do Pará, Brasil. *Studia Entomologica*. 13 (1-4): 321-344.

- LE BRETON, J.; CHAZEAU, J.; JOURDAN, H. 2003. Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera : Formicidae) on native litter ant fauna in a New Caledonian rainforest. *Austral Ecology* 28:204-209.
- LOBRY de BRUYN, L.A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 74: 425-441.
- LONGINO, J.T., CODDINGTON J., & COLWELL R.K. 2002. The ant fauna of a Tropical rain Forest: Estimating species richness three different ways. *Ecology*. 83: 689-702.
- LONGINO, J. T.; FERNÁNDEZ F. C. 2007. A taxonomic review of the genus *Wasmannia*. Pages 271-289 in R. R. Snelling, B. L. Fisher, and P. S. Ward, editors. *Advances In Ant Systematics (Hymenoptera: Formicidae): Homage To E. O. Wilson – 50 Years Of Contributions. Memoirs of the American Entomological Institute*, 80.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford.
- MAJER, J.D. 1983. Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, landuse, and land conservation. *Environmental Management*. 7: 375-383.
- MIRANDA, P.N., OLIVEIRA, M.A., BACCARO, F.B., MORATO, E.F., DELABIE, J.H.C. 2012. Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. *Check List* 8(4): 722-730.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2003. Instrução Normativa N°003, de 26 de maio de 2006. Lista Nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção.
- OLIVEIRA, M.A. 2009. Diversidade da mirmecofauna e sucessão florestal na Amazônia – Acre, Brasil. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Entomologia. 132pp.
- OLIVEIRA, A.H.C. 2013. Padrões temporais de diversidade: dinâmica de assembleias de formigas de liteira (Hymenoptera: Formicidae) em 25 km<sup>2</sup> de floresta Amazônica. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 44pp.
- OLIVEIRA, P.Y.; SOUZA, J.L.P.; BACCARO, F.B. & FRANKLIN, E. 2009. Ant species distribution along a topographic gradient in a terra-firme forest in Central Amazon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44: 852-860.
- R Development Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- RYDER, K.W.; MERTL, A.L.; TRANIELLO, F.A. 2010. Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. *PLoS One* 5: e13146.
- ROSENBERG, D.M.; DANKS, H.V. & LEHMKUHL, D.M. 1986. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environment Management*. 10:773-783.

- SILVA, R.R.; Brandão, C.R.F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs*. 80: 107-124.
- SOUZA, J.L.P. 2009. Avaliação do esforço amostral, captura de padrões ecológicos e utilização de táxons substitutos em formigas (Hymenoptera - Formicidae) de serrapilheira com três métodos de coleta na floresta Amazônica, Brasil. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Divisão do curso de Pós-Graduação de Entomologia – INPA-UFAM 116pp.
- SOUZA, J.L.P.; BACCARO, F.B.; LANDEIRO, V.L.; FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W.E. 2012. Trade-offs between complementarity and redundancy in the use of different sampling techniques for ground-dwelling ant assemblages. *Applied Soil Ecology* 56: 63-73.
- SOUZA, J.L.P.; MOURA, C.A.R.; HARADA, A.Y.; FRANKLIN, E. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecologia no estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 37(4): 649-656.
- TENNANT, L. E. 1994. The ecology of *Wasmannia auropunctata* in primary tropical rainforest in Costa Rica and Panama. Pp. 80-90 in: Williams, D. F. (ed). Exotic ants: biology, impact, and control of introduced species: 332 pp. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- WETTERER, J. K.; PORTER, S. D. 2003. The little fire ant, *Wasmannia auropunctata*: distribution, impact, and control. *Sociobiology* 42:1-41.
- WILD, A. 2005. Taxonomic revision of the *Pachycondyla apicalis* species complex (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*. 834: 1-25.
- WILSON, E.O. 1987. The little things that run the world. *Conservation Biology* (1) 4:344-346.
- VASCONCELOS, H.L. 1999. Levels of leaf herbivory in Amazonian trees from different stages in forest regeneration. *Acta Amazonica*. 29(4): 615-623.
- VERHAAGH, M. 1991. The Formicidae of the rain forest in Panguana, Peru: The most diverse local ant fauna ever recorded. In: Veeresh, G.K., Mallik, B., Viraktamath, C.A. (eds), Social Insects In The Environment. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, p. 217-218.

## 7. EQUIPE TÉCNICA

- **Coordenação Técnica Geral**

Dr. Marco Antonio Monteiro Granzinoli, Biólogo,  
CRBio 39191/01-D, CTF IBAMA 324629

- **Subcoordenação**

Dra. Marianna Dixó, Bióloga  
CRBio 33455/01-D, CTF IBAMA 474177

- **Responsáveis Técnicos**

Dr. Jorge Luiz P. de Souza, Engenheiro Agrônomo  
CREA 11006 - D, CTF IBAMA 2478366  
Msc. Itanna Oliveira Fernandes  
CRBio 52604/06D, CTF IBAMA 3703965























